

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-333480  
(P2000-333480A)

(43) 公開日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 2 N 2/00		H 0 2 N 2/00	C 5 H 6 8 0
G 0 4 C 3/12		G 0 4 C 3/12	A

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平11-250225  
(22) 出願日 平成11年9月3日 (1999. 9. 3)  
(31) 優先権主張番号 特願平11-69158  
(32) 優先日 平成11年3月15日 (1999. 3. 15)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
(72) 発明者 宮澤 修  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
(72) 発明者 橋本 泰治  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
(74) 代理人 100098084  
弁理士 川▲崎▼ 研二

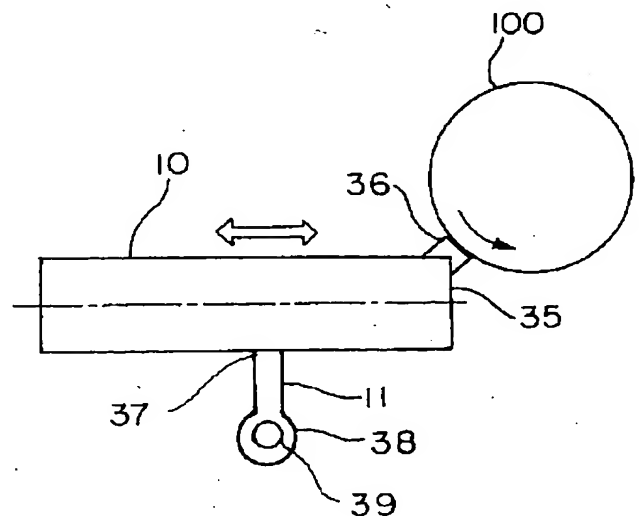
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータ、時計および携帯機器

(57) 【要約】

【課題】 圧電素子の振動を効率よく伝達するとともに、小型・薄型化に適しており、かつ駆動力を安定して伝達する。

【解決手段】 圧電素子と補強板とが積層された長板状の振動板10は、支持部材11によって地板に支持されるとともに、支持部材11の弾性力によってロータ100側に付勢されている。これにより、振動板10に設けられた突起部36がロータ100の側面に当接させられている。この構成の下、図中左右方向に振動板10が縦振動すると、突起部36の変位に伴ってロータ100が反時計回りに回転させられる。





(2)

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 支持体と、

長手方向を有する板状の圧電素子と補強板とが積層された振動板と、

前記支持体に固定される固定部、および前記振動板に取り付けられる取付部を有する弾性部材であって、前記振動板の長手方向の端部が前記駆動対象に当接するように前記振動板に弾性力を付与する支持部材とを具備しており、

前記圧電素子が前記振動板の長手方向に振動した場合、この振動によって前記振動板が振動し、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を一方向に駆動することを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項2】 前記振動板は、該振動板の属する平面内で前記支持部材によって回動可能に支持されていることを特徴とする請求項1に記載の圧電アクチュエータ。

## 【請求項3】 支持体と、

長手方向を有する板状の圧電素子と補強板とが積層された振動板と、

前記支持体に固定される固定部、および前記振動板に取り付けられる取付部を有し、前記振動板を前記支持体に支持する支持部材と、

前記振動板の長手方向の端部が前記駆動対象に当接するように前記振動板に弾性力を付与する弾性部材とを具備しており、

前記圧電素子が前記振動板の長手方向に振動した場合、この振動によって前記振動板が振動し、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を一方向に駆動することを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項4】 前記振動板は、該振動板の属する平面内で前記支持部材および前記弾性部材によって回動可能に支持されていることを特徴とする請求項3に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項5】 前記振動板の回動中心は、前記振動板と前記駆動対象の当接点から前記駆動対象の駆動方向と逆方向に伸びる逆方向線と、前記当接点において前記逆方向線と直交する線であり、かつ前記振動板側に伸びる直交線との間に形成される象限内に位置することを特徴とする請求項2または4に記載の圧電アクチュエータ。

## 【請求項6】 支持体と、

長手方向を有する板状の圧電素子と補強板とが積層された振動板と、

前記振動板の属する平面内で前記振動板を前記長手方向に振動させる縦振動、および前記平面内で前記振動板を前記長手方向と直交する幅方向に揺動させる屈曲振動とのいずれかを選択する選択手段と、

前記支持体に固定される固定部、および前記振動板に取り付けられる取付部を有する弾性部材であって、前記振動板の長手方向の端部が前記駆動対象に当接するように前記振動板に弾性力を付与する支持部材とを具備してお

2

り、

前記選択手段によって前記縦振動が選択された場合、前記振動板が前記縦振動することにより、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を一方向に駆動し、

前記選択手段によって前記屈曲振動が選択された場合、前記振動板が前記屈曲振動することにより、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を前記縦振動時と逆方向に駆動することを特徴とする圧電アクチュエータ。

## 【請求項7】 支持体と、

長手方向を有する板状の圧電素子と補強板とが積層された振動板と、

前記振動板の属する平面内で前記振動板を前記長手方向に振動させる縦振動、および前記平面内で前記振動板を前記長手方向と直交する幅方向に揺動させる屈曲振動とのいずれかを選択する選択手段と、

前記支持体に固定される固定部、および前記振動板に取り付けられる取付部を有し、前記振動板を前記支持体に支持する支持部材と、

前記振動板の長手方向の端部が前記駆動対象に当接するように前記振動板に弾性力を付与する弾性部材とを具備しており、

前記選択手段によって前記縦振動が選択された場合、前記振動板が前記縦振動することにより、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を一方向に駆動し、

前記選択手段によって前記屈曲振動が選択された場合、前記振動板が前記屈曲振動することにより、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を前記縦振動時と逆方向に駆動することを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項8】 前記振動板は、前記駆動対象と当接する前記端部側が他端側よりも細くなるテーパ状に形成されていることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項9】 前記補強板は、前記圧電素子よりも前記駆動対象側に前記振動板の中央部よりも細く前記駆動対象側に伸びて前記駆動対象に当接する延出部を有していることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、8のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項10】 前記支持部材の前記取付部は、前記振動板の長手方向の複数箇所に取り付けられていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、8、9のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項11】 前記支持部材の前記取付部の1つは、前記振動板の振動の節となる位置に取り付けられていることを特徴とする請求項10に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項12】 前記支持部材の前記取付部の位置を前



(3)

3

記振動板の振動に伴う前記支持部材の振動の腹となる位置と略一致するようにしたことを特徴とする請求項10または11に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項13】 前記圧電素子の振動による前記振動板の縦振動の共振周波数と、前記振動板が振動した時に前記駆動対象から受ける反力によって前記振動板に生じる屈曲振動の共振周波数とがほぼ同じになるようにしたことを特徴とする請求項1ないし12のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項14】 前記補強板は、前記圧電素子よりも薄く形成されていることを特徴とする請求項1ないし13のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項15】 前記振動板の駆動対象に当接する前記端部は、突起部を有しており、この突起部が前記駆動対象に当接することを特徴とする請求項1ないし14のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項16】 前記振動板は、1つの頂点が切り欠かれた矩形状に形成されており、前記振動板における切り欠かれた部分が前記駆動対象に当接することを特徴とする請求項1ないし14のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項17】 前記圧電素子は、前記振動板の長手方向の中央部に配置される電極部と、前記振動板の長手方向の両端側に配置される電極が設けられていない無電極部とを有することを特徴とする請求項1ないし16のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項18】 前記支持部材における前記取付部は、前記振動板の振動の節となる位置に取り付けられていることを特徴とする請求項1ないし17のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項19】 前記支持部材の前記取付部の位置を前記振動板の振動に伴う前記支持部材の振動の節となる位置と略一致するようにしたことを特徴とする請求項18に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項20】 前記支持部材の前記固定部は、前記駆動対象の駆動方向線上に位置することを特徴とする請求項1ないし19のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項21】 前記補強板は導体であり、かつ前記圧電素子の上下にそれぞれ積層されており、前記圧電素子の上下に積層された前記補強板を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴とする請求項1ないし20のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項22】 前記支持部材は導体であり、前記支持部材を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴とする請求項1ないし21のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項23】 前記振動板の上下面にそれぞれ接触して前記振動板を挟み込む弾性導電体をさらに具備し、前記弾性導電体を介して前記圧電素子に電力を供給する

4

ことを特徴とする請求項1ないし21のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項24】 前記振動板の周囲に接触しながら巻き付けられる導線をさらに具備し、前記導線を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴とする請求項1ないし21のいずれかに記載の圧電アクチュエータ。

【請求項25】 圧電素子を有し、前記圧電素子の振動によって駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、  
10 前記圧電素子の上下に積層され、導体から形成される補強板を備え、  
前記補強板を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項26】 圧電素子を有し、前記圧電素子の振動によって駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、  
支持体と、  
導電体から形成され、前記圧電素子を前記支持体に支持  
20 する支持部材とを備え、  
前記支持部材を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項27】 圧電素子を有し、前記圧電素子の振動によって駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、  
前記圧電素子の上下面にそれぞれ接触して前記圧電素子を挟み込む弾性導電体を備え、  
前記弾性導電体を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項28】 圧電素子を有し、前記圧電素子の振動によって駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、  
30 前記圧電素子の周囲に接触しながら巻き付けられる導線を備え、  
前記導線を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項29】 請求項1ないし28のいずれかに記載の圧電アクチュエータと、  
前記圧電アクチュエータによって回転駆動される円盤状  
40 のロータと、  
前記ロータの回転力によって回転するリング状のカレンダー表示車とを具備することを特徴とする時計。

【請求項30】 請求項1ないし28のいずれかに記載の圧電アクチュエータと、  
前記圧電アクチュエータに電力を供給する電池とを具備することを特徴とする携帯機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電アクチュエータ、ならびにこの圧電アクチュエータを備える時計およ



5

び携帯機器に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】圧電素子は、電気エネルギーから機械エネルギーへの変換効率や、応答性に優れていることから、近年、圧電素子の圧電効果を利用した各種の圧電アクチュエータが開発されている。この圧電アクチュエータは、圧電プザー、プリンタのインクジェットヘッド、あるいは超音波モータなどの分野に応用されている。

【0003】図38は、従来の圧電アクチュエータを用いた超音波モータを模式的に示す平面図である。同図に示すように、この種の超音波モータは、つつつき型と呼ばれるものであって、圧電素子に結合した振動片の先端に、ロータ面を少し傾斜させて接触させてある。このような構成の下、発振部からの交流電圧によって圧電素子が伸縮し、振動片が長さ方向に往復運動すると、ロータの円周方向に分力が発生してロータが回転するようになっている。

【0004】また、2個の超音波振動子（圧電素子）を備え、各超音波振動子をそれ自身の電氣的な共振周波数で振動させ、この振動により振動片を変位させる技術が知られている（特開平10-225151号公報）。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、圧電素子の変位は印加電圧にもよるが微小であり、数 $\mu$ m程度であるのが通常であり、上述した共振周波数で振動させる場合でも同様である。このため、なんらかの増幅機構によって変位を増幅してロータに伝達することが行われている。しかし、増幅機構を用いた場合、それ自身を動かすためにエネルギーが消費され、効率が低下するといった問題がある。また、増幅機構を介する場合、安定したロータへの駆動力の伝達が困難となることもある。

【0006】また、腕時計のような小型の携帯機器は電池で駆動されるため、消費電力や駆動電圧を低く抑える必要がある。したがって、そのような携帯機器に圧電アクチュエータを組み込む場合には、特に、そのエネルギー効率が高く、駆動電圧が低いことが要求される。

【0007】ところで、時計などにおいて、日や曜などを表示するカレンダー表示機構では、電磁式のステップモータの回転駆動力を運針用の輪列を介して日車などにも間欠的に伝達し、日車を送り駆動するのが一般的である。一方、腕時計は手首にベルトを巻き付けて携帯するものであるから、携帯に便利のように薄型化の要求が古くからある。薄型化を追求するには、カレンダー表示機構の厚さを薄くすることも必要となる。しかし、ステップモータはコイルやロータといった部品を面外方向に組み込んで構成されるので、その厚さを薄くするには限界がある。このため、ステップモータを用いた従来のカレンダー機構は、構造的に薄型化には向かないという問題があった。

【0008】特に、カレンダー表示機構のある時計と、

(4)

6

に係る機構のない時計との間で運針の機械系（いわゆるムーブメント）を共通化するためには、カレンダー表示機構を文字板側に構成する必要があるが、電磁式のステップモータでは文字板側に構成できる程の薄型化が困難である。したがって、従来の時計は、表示機構の有無によって運針の機械系を別々に設計して製造する必要がある、その生産性を向上させる際の問題となっていた。

【0009】本発明は、上記の事情を考慮してなされたものであり、圧電素子の振動を効率よく伝達するとともに、小型・薄型化に適しており、かつ駆動力を安定して伝達できる圧電アクチュエータ、ならびにこれを備えた時計および携帯機器を提供することを目的とする。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係る圧電アクチュエータは、支持体と、長手方向を有する板状の圧電素子と補強板とが積層された振動板と、前記支持体に固定される固定部、および前記振動板に取り付けられる取付部を有する弾性部材であって、前記振動板の長手方向の端部が前記駆動対象に当接するように前記振動板に弾性力を付与する支持部材とを具備しており、前記圧電素子が前記振動板の長手方向に振動した場合、この振動によって前記振動板が振動し、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を一方方向に駆動することを特徴としている。

【0011】また、本発明に係る圧電アクチュエータは、支持体と、長手方向を有する板状の圧電素子と補強板とが積層された振動板と、前記支持体に固定される固定部、および前記振動板に取り付けられる取付部を有し、前記振動板を前記支持体に支持する支持部材と、前記振動板の長手方向の端部が前記駆動対象に当接するように前記振動板に弾性力を付与する弾性部材とを具備しており、前記圧電素子が前記振動板の長手方向に振動した場合、この振動によって前記振動板が振動し、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を一方方向に駆動することを特徴としている。

【0012】この構成によれば、圧電素子の振動によって振動板が振動する。この振動による振動板の変位に伴って該振動板が当接させられている駆動対象が一方方向に駆動させられる。この構成では、長板状の圧電素子を有する振動板を用いているので、低電圧で大きな変位を得ることが可能であり、効率よく駆動することができる。また、振動板に重なって配置される部品等が不要であるため、振動板を薄型化すれば、アクチュエータ全体の薄型化が可能である。また、振動板を駆動対象に当接させているので、振動板と駆動対象の接触状態が安定し、より安定した駆動力の伝達を行うことができる。また、振動板は、補強板と圧電素子を積層した構造となっているため、過大振幅や外力に起因する振動板の破損等を低減することができる。また、振動板が駆動対象を一方方向に駆動するようにしたので、効率よく駆動力の伝達を行う





(5)

7

ことができる。

【0013】前記振動板を該振動板の属する平面内で回動可能に支持するようにしてもよい。このときの前記振動板の回動中心を前記振動板と前記駆動対象の当接点から前記駆動対象の駆動方向と逆方向に伸びる逆方向線と、前記当接点において前記逆方向線と直交する線であり、かつ前記振動板側に伸びる直交線との間に形成される象限内に位置するようにしてもよい。このようにすれば、外力等によって駆動対象が逆方向に移動しようとした場合、振動板が回動することにより振動板の端部と駆動対象が接触状態を維持し、この後振動板が元の位置に戻ることによって駆動対象を逆方向に移動する前の位置に戻ることができる。

【0014】また、本発明に係る圧電アクチュエータは、支持体と、長手方向を有する板状の圧電素子と補強板とが積層された振動板と、前記振動板の属する平面内で前記振動板を前記長手方向に振動させる縦振動、および前記平面内で前記振動板を前記長手方向と直交する幅方向に揺動させる屈曲振動とのいずれかを選択する選択手段と、前記支持体に固定される固定部、および前記振動板に取り付けられる取付部を有する弾性部材であって、前記振動板の長手方向の端部が前記駆動対象に当接するように前記振動板に弾性力を付与する支持部材とを具備しており、前記選択手段によって前記縦振動が選択された場合、前記振動板が前記縦振動することにより、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を一方方向に駆動し、前記選択手段によって前記屈曲振動が選択された場合、前記振動板が前記屈曲振動することにより、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を前記縦振動時と逆方向に駆動することを特徴としている。

【0015】また、本発明に係る圧電アクチュエータは、支持体と、長手方向を有する板状の圧電素子と補強板とが積層された振動板と、前記振動板の属する平面内で前記振動板を前記長手方向に振動させる縦振動、および前記平面内で前記振動板を前記長手方向と直交する幅方向に揺動させる屈曲振動とのいずれかを選択する選択手段と、前記支持体に固定される固定部、および前記振動板に取り付けられる取付部を有し、前記振動板を前記支持体に支持する支持部材と、前記振動板の長手方向の端部が前記駆動対象に当接するように前記振動板に弾性力を付与する弾性部材とを具備しており、前記選択手段によって前記縦振動が選択された場合、前記振動板が前記縦振動することにより、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を一方方向に駆動し、前記選択手段によって前記屈曲振動が選択された場合、前記振動板が前記屈曲振動することにより、該振動による前記振動板の変位に伴って前記駆動対象を前記縦振動時と逆方向に駆動することを特徴としている。

【0016】この構成によれば、選択手段が縦振動を選

8

択した場合には、その振動による振動板の変位に伴って該振動板が当接させられている駆動対象が一方方向に駆動させられる。一方、選択手段が屈曲振動を選択した場合には、その振動による振動板の変位に伴って該振動板が当接させられている駆動対象が逆方向に駆動させられる。従って、振動板を複数配置したり、振動板の向きを調節する機構などを設けることなく、つまり装置の大型化を招くことなく、駆動対象を正逆方向に駆動することができる。また、振動板に重なって配置される部品等が不要であるため、振動板を薄型化すれば、アクチュエータ全体の薄型化が可能である。また、振動板を駆動対象に当接させているので、振動板と駆動対象の接触状態が安定し、より安定した駆動力の伝達を行うことができる。また、振動板は、補強板と圧電素子を積層した構造となっているため、過大振幅や外力に起因する振動板の破損等を低減することができる。

【0017】前記振動板を前記駆動対象と当接する前記端部側が他端側よりも細くなるテーパ状に形成するようにしてもよい。このようにすれば、駆動対象に当接する端部側の変位を大きくすることが可能となる。駆動対象と接触する端部に凹凸があり、端部の変位が小さい場合には、この凹凸の影響を受けて駆動量が減少することがあるが、上述したように変位を拡大すれば、凹凸の影響を受けることなくより確実に駆動力を伝達することができる。また、振動板の幅方向の振動が共振して増幅することが抑制される、つまり駆動対象を駆動する振動を妨げる振動を抑制することができる。従って、より効率よく駆動力を伝達することができる。

【0018】また、前記補強板が前記圧電素子よりも前記駆動対象側に前記振動板の中央部よりも細く前記駆動対象側に伸びて前記駆動対象に当接する延出部を有するようにしてもよい。このようにすれば、振動板の振動による延出部の変位を大きくすることができ、より効率よく駆動力を伝達することができる。

【0019】また、前記支持部材の前記取付部を前記振動板の長手方向の複数箇所に取り付けるようにしてもよい。このようにすれば、振動板の取り付け位置が安定し、より安定した駆動力の伝達が可能となる。

【0020】また、前記支持部材の前記取付部の1つを、前記振動板の振動の節となる位置に取り付けるようにしてもよい。このようにすれば、振動板の振動エネルギー損失が減少し、より効率よく駆動力を伝達することができる。

【0021】また、前記支持部材の前記取付部の位置を前記振動板の振動に伴う前記支持部材の振動の腹の位置と略一致するようにしてもよい。このようにすれば、振動板を複数箇所で支持した場合にも、振動板の振動を妨げることが減少し、より効率よく駆動力を伝達することができる。

【0022】また、前記圧電素子の振動による前記振動

50



9

板の縦振動の共振周波数と、前記振動板が振動した時に前記駆動対象から受ける反力によって前記振動板に生じる屈曲振動の共振周波数とがほぼ同じになるようにしてもよい。このようにすれば、圧電素子の振動による振動と、駆動対象からの反力による振動が共振して、振動板の端部が楕円軌道に沿って移動するようになる。このように端部が楕円軌道に沿って移動すれば、端部と駆動対象とが接触する時間が長くなる、つまり接触時の端部の変位が大きくなり、より効率よく駆動力の伝達を行うことができる。

【0023】また、前記補強板を前記圧電素子よりも薄く形成するようにしてもよい。このようにすれば、圧電素子の振動を妨げる補強板の影響が減少し、より効率のよい駆動力伝達を行うことができる。

【0024】また、前記振動板の駆動対象に当接する前記端部が突起部を有するようにし、この突起部が前記駆動対象に当接するようにしてもよい。このようにすれば、駆動対象が金属部材である場合にも、圧電素子と駆動対象が接触することに起因するショートなどを防止することができる、また、駆動対象との接触部であるこの突起部のみを研磨等すればよいので製造・メンテナンス等が容易となる。

【0025】また、前記振動板を1つの頂点が切り欠かれた矩形状に形成するようにし、前記振動板における切り欠かれた部分が前記駆動対象に当接するようにしてもよい。このようにすれば、切り欠いた部分のみを研磨等すればよく、製造・メンテナンスが容易となる。

【0026】また、前記圧電素子が前記振動板の長手方向の中央部に配置される電極部と、前記振動板の長手方向の両端側に配置される電極が設けられていない無電極部とを有するようにしてもよい。このようにすれば、圧電素子の中央部の電極部にのみ電力を供給すれば、圧電素子中央部の振動が両端側に伝達される。また、圧電素子の中央部の振動によって共振する場合には、両端側の変形量は大きくなり、あえて両端側に電力を供給して両端側の圧電素子を変形させる必要がない。したがって、振動板の変位量、つまり駆動力を維持しつつ、消費電力を低減することができる。

【0027】また、前記支持部材における前記取付部を前記振動板の振動の節となる位置に取り付けるようにしてもよい。このようにすれば、振動板の振動エネルギーの損失が減少し、より効率よく駆動力を伝達することができる。また、前記支持部材の前記取付部の位置を前記振動板の振動に伴う前記支持部材の振動の節の位置と略一致するようにしてもよい。

【0028】また、前記支持部材の前記固定部が前記駆動対象の駆動方向線上に位置するようにしてもよい。このようにすれば、振動板の端部と駆動対象との接触位置や接触角度が安定し、より安定した駆動力の伝達が可能となる。

(6)

10

【0029】また、前記補強板として導体を用い、かつ前記圧電素子の上下にそれぞれ積層するようにし、前記圧電素子の上下に積層された前記補強板を介して前記圧電素子に電力を供給するようにしてもよい。このようにすれば、振動板の破損を抑制する補強板が圧電素子への給電機能を有するため、外部と圧電素子との導通構成が簡易になる。

【0030】また、前記支持部材として導体を用い、前記支持部材を介して前記圧電素子に電力を供給するようにしてもよい。このようにすれば、支持部材が振動板を支持する支持機能と給電機能を有することになり、外部と圧電素子との導通構成が簡易になる。

【0031】また、前記振動板の上下面にそれぞれ接触して前記振動板を挟み込む弾性導電体をさらに具備するようにし、前記弾性導電体を介して前記圧電素子に電力を供給するようにしてもよい。このようにすれば、外部と圧電素子との導通構成が簡易となる。

【0032】また、前記振動板の周囲に接触しながら巻き付けられる導線をさらに具備するようにし、前記導線を介して前記圧電素子に電力を供給するようにしてもよい。このようにすれば、外部と圧電素子との導通構成が簡易となる。

【0033】また、本発明に係る圧電アクチュエータは、圧電素子を有し、前記圧電素子の振動によって駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、前記圧電素子の上下に積層され、導体から形成される補強板を備え、前記補強板を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴としている。この構成によれば、圧電素子の上下に補強板が積層されているため、過大振幅や外力による圧電素子の破損を低減することができる。また、この補強板を介して圧電素子への電力供給を行えるので、圧電素子への導通構成が簡易となる。

【0034】また、本発明に係る圧電アクチュエータは、圧電素子を有し、前記圧電素子の振動によって駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、支持体と、導電体から形成され、前記圧電素子を前記支持体に支持する支持部材とを備え、前記支持部材を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴としている。この構成によれば、支持部材が圧電素子を支持する支持機能と給電機能を有することになり、外部と圧電素子との導通構成が簡易になる。

【0035】また、本発明に係る圧電アクチュエータは、圧電素子を有し、前記圧電素子の振動によって駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、前記圧電素子の上下面にそれぞれ接触して前記圧電素子を挟み込む弾性導電体を備え、前記弾性導電体を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴としている。この構成によれば、外部と圧電素子との導通構成が簡易となる。

【0036】また、本発明に係る圧電アクチュエータは、圧電素子を有し、前記圧電素子の振動によって駆動



(7)

11

対象を駆動する圧電アクチュエータであって、前記圧電素子の周囲に接触しながら巻き付けられる導線を備え、前記導線を介して前記圧電素子に電力を供給することを特徴としている。この構成によれば、外部と圧電素子との導通構成が簡易となる。

【0037】また、本発明に係る時計は、請求項1ないし22のいずれかに記載の圧電アクチュエータと、前記圧電アクチュエータによって回転駆動される円盤状のロータと、前記ロータの回転力によって回転するリング状のカレンダー表示車とを具備することを特徴としている。この構成によれば、内蔵される圧電アクチュエータが薄型化に適した構造であるため、時計全体を薄型化が容易となる。また、内蔵される圧電アクチュエータの高効率であるため、時計全体の消費エネルギーを低減することができる。

【0038】また、本発明に係る携帯機器は、請求項1ないし22のいずれかに記載の圧電アクチュエータと、前記圧電アクチュエータに電力を供給する電池とを具備することを特徴としている。この構成によれば、内蔵される圧電アクチュエータが薄型化に適しているため、機器全体の薄型化が容易となるとともに、高効率の圧電アクチュエータを搭載しているので電池寿命が長くなり、携帯機器として好適である。

【0039】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

#### A. 第1実施形態

##### A-1. 腕時計のカレンダー表示機構

まず、図1は本発明の第1実施形態に係る圧電アクチュエータを備える腕時計のカレンダー表示機構を示す図である。同図に示すように、このカレンダー表示機構は、圧電アクチュエータA1、ロータ100、中間車101、および日や曜が表示されたリング状の日車102を備えている。

【0040】地板（支持体）103に軸支されるロータ100は、圧電アクチュエータA1によって図中矢印Yで示す方向に回転駆動させられるようになっている。このロータ100には、地板103に軸支される中間車101が噛合されており、中間車101には日車102が噛合されている。この構成により、圧電アクチュエータA1に駆動されるロータ100の回転に伴って日車102が図中矢印Zで示す方向に回転させられるようになっている。

【0041】次に、上述したカレンダー表示機構を組み込んだ時計の構成について図2を用いて説明する。同図において、斜線部分に上述したカレンダー表示機構が組み込まれている。カレンダー表示機構（斜線部分）の上側には、円盤状の文字板201が設けられている。この文字板201の外周部の一部には、日付を表示するために窓部202が設けられており、窓部202から日車1

12

02に表記された日付が覗けるようになっている。文字板201の下側には、運針203を駆動するムーブメント204が設けられている。この構成の下、日車102が回転させられることにより、上述した窓部202に表示される日や曜等の表示が切り換わるようになっている。

##### 【0042】A-2. 圧電アクチュエータの構成

次に、図3および図4を参照して、本実施形態に係る圧電アクチュエータについて説明する。図3に示すように、圧電アクチュエータA1は、図の左右方向に長く形成された長板状の振動板10と、この振動板10を地板103（図1参照）に支持する支持部材11とを備えている。

【0043】振動板10の長手方向の端部35には、突起部36がロータ100側に向けて突設されており、この突起部36がロータ100の側面に接触している。このような突起部36を設けることにより、ロータ100との接触面の状態等を維持するために突起部36に対してのみ研磨等の作業を行えばよいので、ロータ100との接触部の管理が容易となる。また、突起部36としては、導体または非導体のものを用いることができるが、非導体から形成するようにすれば、一般的に金属から形成されるロータ100と接触しても圧電素子30、31がショートしないようにすることができる。

【0044】振動板10の長手方向の中央よりもややロータ100側には、支持部材11の一端部（取付部）37が取り付けられている。支持部材11の他端部（固定部）38は、ネジ39により地板103（図1参照）に支持されている。この構成の下、支持部材11は、その弾性力によって振動板10をロータ100側に付勢した状態で支持しており、これにより振動板10の突起部36はロータ100の側面に当接させられている。

【0045】図4に示すように、振動板10は、2つの圧電素子30、31の間に、これらの圧電素子30、31よりも肉厚の小さいステンレス鋼などの補強板32を配置した積層構造となっている。このように圧電素子30、31の間に補強板32配置することにより、振動板10の過振幅や外力に起因する振動板10の損傷を低減することができる。また、補強板32としては、圧電素子30、31よりも肉厚の小さいものを用いることにより、圧電素子30、31の振動を極力妨げないようにしている。

【0046】上下に配置された圧電素子30、31の面上には、それぞれ電極33が配置されている。この電極33を介して圧電素子30、31に、後述する導通構成から電圧が供給されるようになっている。ここで、圧電素子30、31としては、チタン酸ジルコニウム酸鉛（PZT（商標））、水晶、ニオブ酸リチウム、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、メタニオブ酸鉛、ポリフッ化ビニリデン、亜鉛ニオブ酸鉛（ $(\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  1-



(8)

13

$x\text{-Pb Ti } 0.3 \text{ x}$ は組成により異なる。 $x=0.09$ 程度)、スカンジウムニオブ酸鉛 ( $\text{Pb}((\text{Sc}1/2\text{Nb}1/2)1-x \text{ Ti}x))0.3$ ) $x$ は組成により異なる。 $x=0.09$ 程度)等の各種のものをを用いることができる。

【0047】振動板10は、後述する駆動回路から電極33を介して圧電素子30、31に交流電圧が印加されると、圧電素子30、31が伸縮することによって振動するようになっている。その際、図5に示すように、振動板10が長手方向に伸縮する縦振動で振動するようになり、これにより振動板10は図3中矢印で示す方向に振動することになる(無負荷状態、つまり突起部36がロータ100に接触していない状態)。また、上述したように振動板10を長板状の圧電素子30、31が積層された構造とし、並列接続して駆動することにより、低駆動電圧でより大きな変位を得ることができる。

【0048】A-3. 圧電アクチュエータの動作  
次に、上記構成の圧電アクチュエータA1の動作について説明する。まず、図示せぬ駆動回路から振動板10に電圧が印加されると、圧電素子30、31の伸縮によって撓み振動し、図3に示すように、突起部36がロータ100と当接した状態で振動板10が矢印方向に振動する。この振動による突起部36に伴ってロータ100が図中矢印方向に回転させられる。このようにロータ100が回転させられることにより、中間車101を介して日車102が回転させられ(図1参照)、表示される日や曜が切り換わるようになっている。

【0049】ここで、圧電アクチュエータA1では、ロータ100と当接させられる突起部36が図中一点鎖線で示す振動板10の中心線からずれた位置に設けられているため、ロータ100の側面からの反力によって振動板10には、図6に示すような屈曲振動が生じるようになっている。この屈曲振動と圧電素子30、31の伸縮によって生じる縦振動との振動周波数が略一致する、つまり共振するように印加電圧、振動板10の形状および突起部36の位置などを設定すれば、振動板10に生じる振動の振幅が大きくなる。このように圧電素子30、31の伸縮による縦振動と上述した屈曲振動とを共振させれば、図7に示すように、突起部36が楕円軌道に沿って移動するようになる。すなわち、縦振動と共振する屈曲振動を励振させれば、より大きな楕円軌道に沿って突起部36が移動することになる。このように大きな楕円軌道に沿って突起部36が移動するようにすれば、突起部36がロータ100と接触する時間が長くなり、接触時の突起部36の変位が大きくなる。従って、圧電素子30、31の伸縮による縦振動と共振するような屈曲振動を誘発させれば、より高効率の駆動力伝達を行うことができる。

【0050】また、この圧電アクチュエータA1では、突起部36は支持部材11の弾性力によってロータ100側に付勢されているので、ロータ100と突起部36

14

との間に十分な摩擦が得られるようになっている。これにより、突起部36とロータ100とがスリップすることが低減され、突起部36からロータ100への安定した駆動力伝達が可能となる。さらに、寸法誤差や経時変化などがあっても接触を保つことができる。なお、上述したロータ100からの反力による屈曲振動を誘発するためには、振動板10におけるロータ100との接触部、つまり突起部36が振動板10の中心線からずれていればよく、突起部36を図示の位置以外に設けるようにしてもよい。

【0051】また、本実施形態に係る圧電アクチュエータA1では、図8中破線で示す振動板10の中心線の振幅の節となる位置、つまり振幅が極小となる位置に支持部材11の端部37が取り付けられている。具体的には、振動板10の長手方向の中央部よりもロータ100側に取り付けられている。これは、振動板10が上述したように長方形の場合、無負荷時には振動板10の長手方向の中央部が振動の節になるが、上述したようにロータ100からの反力等の影響により、実際には図8に示したように、振動の節は中央部よりもロータ100側に位置することになるからである。このように振動板10を振動の節となる位置で支持することにより、振動エネルギーの損失が減少し、より高効率の駆動力伝達が可能となる。また、振動板10の振動に伴う支持部材11の振動の節の位置が支持部材11の端部37とほぼ一致するようにすれば、振動エネルギーの損失をさらに低減することができる。

【0052】さらに、本実施形態に係る圧電アクチュエータA1では、圧電素子30、31と補強板32とが積層された構造の振動板10が増幅部材を介さずにロータ100を回転駆動することができるので、構成が簡易となり、装置の小型化が容易となる。また、圧電アクチュエータA1の機械的な構成要素は、振動板10と支持部材11だけであり、厚さ方向(図1の紙面垂直方向)に部品等を積層されていないため、薄型化も容易である。

【0053】また、圧電アクチュエータA1では、ロータ100を図中矢印で示す方向にのみ駆動する構成であり、逆方向へロータ100を駆動するための別の振動板や、振動板のロータ100への当接方向を変化させる機構などがなく、すなわち振動板10の振動を妨げる要素が少ないため、より効率よく駆動力を伝達することができる。

【0054】また、本実施形態に係る圧電アクチュエータA1では、ロータ100を一方方向にのみ駆動する構成であるため、ロータ100の逆方向への回転を規制する必要があるが、外力等によってロータ100が逆回転しようとすることがある。例えば、突起部36とロータ100との間の摩擦力を越える逆回転力が生じた場合、両者が滑ってしまい、ロータ100の逆回転を許容することになる。しかし、本実施形態に係る圧電アクチュエー





(9)

15

タA1では、図9に示すように、支持部材11が剛体ではなく弾性を有しているので、ロータ100が逆回転しようとした場合には、ロータ100の逆回転とともに、突起部36がロータ100と接触した状態で振動板10が回転することを許容するようになっている。そして、支持部材11の弾性力によって振動板10が図中一点鎖線で示す下の位置に戻る。このとき、突起部36とロータ100とが接触しているため、振動板10の戻りに合わせてロータ100も正方向に戻るようになる。従って、ロータ100の逆回転を規制することができる。ここで、図10に示すように、本実施形態では、振動板10の回転中心をロータ100と突起部36の接触点Aから点Aにおけるロータ100の駆動方向と逆方向に伸びる線Bと、点Aにおいて線Bと直交する線Cとによって形成される象限内に回転中心が位置するように設定されており、具体的には上述した象限内に属する支持部材11の端部38を中心として振動板10が回転することを許容するようになされている。このような位置に回転中心を設けることにより、上述したように振動板10によって回転および復帰動作が行われ、ロータ100の逆回転を抑制することができる。

【0055】また、上述したように圧電アクチュエータA1をカレンダー表示機構に適用した場合には、圧電アクチュエータA1自体の小型化が容易であるため、カレンダー表示機構全体の寸法の大小型化を招くことなく、ロータ100の径を大型にすることも可能となる。従って、圧電素子30、31に印可する電圧を大きくすることなく、圧電アクチュエータA1から得られるロータ100の回転トルクを大きくすることができる。

【0056】A-4. 圧電アクチュエータの変形例  
なお、本発明に係る圧電アクチュエータは、上述した実施形態に限定されるものではなく、以下のような種々の変形も可能である。

#### 【0057】A-4-1. 第1の変形例

上述した実施形態に示した圧電アクチュエータA1では、振動板10におけるロータ100との接触部に突起部36を設けるようにしていたが、図11に示すように、長方形の振動板10のロータ100側の頂点を切り欠いた切り欠き部90を形成し、切り欠き部90をロータ100の側面と当接させるようにしてもよい。この場合にも、上述した突起部36と同様に切り欠き部90の表面状態の管理が容易となる。

#### 【0058】A-4-2. 第2の変形例

また、上述した実施形態では、圧電素子30、31の全面上に電極33を設けるようにしていたが、図12に示すように、圧電素子30、31の中央部付近にのみ電極33を配置し、両端側には電極33を配置しないようにしてもよい。つまり、圧電素子30、31がその面上に電極を有する電極部と、その両端側に位置する無電極部を有する構成とするようにしてもよい。このようにすれ

16

ば、ロータ100への駆動力を維持しつつ、低駆動電圧化が可能となる。これは、振動板10をその固有振動周波数で振動させた場合、その振動による振動板10の両端側の変位は十分大きく、その部分に電圧を印可して両端側の圧電素子30、31を伸縮させても、さらに変位を大きくするものとはならないためである。

#### 【0059】A-4-3. 第3の変形例

また、上述した実施形態では、長方形の振動板10を用いるようにしていたが、図13に示すように、ロータ100側が細くなるテーパ状の振動板95を用いるようにしてもよい。このような形状の振動板95を作製する場合、上述した振動板10と同様にテーパ状の圧電素子と補強板を積層すればよい。このような振動板95を用いれば、振動板10のロータ100側の端部96の変位が大きくなり、駆動力の伝達効率が向上する。また、図の上下方向である幅方向の長さが不均一になるため、振動板10の幅方向の共振を抑制する、すなわち幅方向の振動を低減することができる。

#### 【0060】A-4-4. 第4の変形例

また、図14に示すように、振動板10からロータ100側に延出するホーン部（延出部）110を設けるようにしてもよい。このようなホーン部110を設ける場合には、図15に示すように、補強板32を図示のようにホーン部110を含んだ形状に作製し、これの上下にそれぞれ圧電素子30、31を積層するようにすればよい。この構成の下、振動板10を振動させれば、図14中破線で示すような振幅で振動板10およびホーン部110が振動する。従って、ロータ100と当接するホーン部110の先端の変位が大きくなり、効率よく駆動力付与を行うことができる。なお、ホーン部110は図14に示すような形状に限らず、図16に示すような形状のものであってもよい。

#### 【0061】A-4-5. 第5の変形例

また、図17に示すように、振動板10の突起部36とロータ100との接線、つまり振動初期状態での突起部36からロータ100への押し付け力Fの方向と垂直な線S、つまりロータ100と突起部36との当接点における駆動方向線上に支持部材11の端部38、つまり地板103に固定される部分がほぼ位置するようにしてもよい。このような位置関係となるように振動板10、支持部材11およびロータ100を配置すれば、突起部36のロータ100への押し付け力等を調整するために、ネジ39で固定された端部38を中心に支持部材11および振動板10の位置の微調整を行った場合にも、ロータ100と突起部36との接触位置や角度が変化せず、常に安定した駆動力付与を行うことができる。また、形状、位置ずれおよび経時変化などに起因する振動板とロータの接触角度の変化を防止することができる。

#### 【0062】A-4-6. 第6の変形例

また、図18に示すように、2つの支持部材11で振動



(10)

17

板10の長手方向の両端側をそれぞれ支持するようにしてもよい。このようにすれば、振動板10の幅方向(図の上下方向)の振動を抑制する、つまりロータ100の駆動に必要となる図の左右方向の振動の妨げとなる振動を抑制することができる。この場合、図19に示すように支持部材11における端部37が振動板10の振動に伴う支持部材11の振動の腹となる位置とほぼ一致する、例えば支持部材11の長さを支持部材11の振動波長の $1/4$ となる長さにすれば、振動板10の図の左右方向の振動を妨げとなることが減少し、効率がさらに向上する。

【0063】また、このように2つの支持部材11で振動板10を支持する場合、図20に示すように、いずれか一方の支持部材11で振動板10の振動の節となる位置を支持し、他方の支持部材11で振動板10におけるロータ100側の端部を支持するようにしてもよい。このようにすれば、一方の支持部材11は振動の節を支持するようにしているので、振動エネルギーの損失が減少するとともに、他方の支持部材11はロータ100との接触部付近での幅方向の振動を抑制することができる。

【0064】A-4-7. 第7の変形例

また、上述した実施形態では、支持部材11が振動板10をロータ100側に付勢するようにしていたが、図21に示すように、ばね部材(弾性部材)180を設けて振動板10をロータ100側に付勢するようにしてもよい。同図に示すように、振動板10の図の上側には支持部材11が取り付けられており振動板10の下側には、ばね部材180の一端が取り付けられている。ばね部材180の他端は、地板103(図1参照)に立設されたピン181に支持されている。これにより、振動板10は図の上側であるロータ100側に付勢され、突起部36がロータ100の側面に当接させられるようになっている。このようにばね部材180を設けて振動板10をロータ100側に付勢するようにすれば、上述した実施形態の圧電アクチュエータA1と同様に安定した駆動力の伝達を行うことができる。

【0065】このように振動板10を支持する支持部材11と振動板10をロータ100側に付勢するばね部材180を設けた場合にも、図22に示すように、上述した実施形態と同様に線Bと線Cによって形成される象限内、例えば図示のように端部38の位置を中心として振動板10が回転できるようにしておけばよい。このようにすれば、外力によってロータ100が逆回転しようとした場合にも、図23に示すように、振動板10がロータ100の逆回転に伴って回転した後、振動板10が元の位置に戻ることに伴って、振動板10の戻りに伴ってロータ100が正方向に戻り、ロータ100の逆回転を抑制することができる。

【0066】なお、このように支持部材11とばね部材180を設けた場合にも、図24に示すように、振動板

18

10をテーパ状に形成してもよいし、またホーン部(図14参照)を設けるようにしてもよい。

【0067】A-4-8. 第8の変形例

また、上述した実施形態においては、振動板10が補強板32の上下に圧電素子30、31をそれぞれ積層した構造となっていたが、これに限らず、1つの圧電素子251の上下にそれぞれ補強板32を積層するようにしてもよい。この場合、図25に示すように、上層の補強板32を支持部材11aで支持し、下層の補強板32を支持部材11bで支持するようにし、補強板32および、支持部材11a、11bを導電体で形成すればよい。この構成の下、駆動回路250から支持部材11a、11bおよび補強板32を介して駆動電圧を圧電素子251に供給するようにしてもよい。このようにすれば、支持部材11a、11bが振動板10をロータ100側に付勢しながら支持する機能に加えて圧電素子251に駆動電圧を供給する導通機能を有することになる。従って、別に圧電素子251に駆動電圧を供給するための導通構成を設ける必要がなくなり、構成が簡易となる。また、振動板10の振動の妨げとなる導通部品等が不要となり、効率のよい駆動力伝達を行うことができる。

【0068】A-4-9. 第9の変形例

また、図26および図27に示すように、補強板32とその上下に圧電素子30、31をそれぞれ積層した振動板10を用いる場合にも、導電体から形成される支持部材11c、11dを介して駆動回路250から圧電素子30、31に駆動電圧を供給するようにしてもよい。

【0069】支持部材11cは、振動板10側で2つに分岐する形状になされており、上側(図26の紙面手前側)に分岐した上端部260、および下側(図の紙面奥側)に分岐した下端部261を有している。上端部260は、圧電素子30の面上に形成された電極33にはんだや導電性接着剤等により取り付けられており、下端部261は、圧電素子31の面上に形成された電極33にはんだや導電性接着剤等により取り付けられている。一方、支持部材11dは、補強板32に取り付けられており、これにより駆動回路250から圧電素子30、31に駆動電圧が供給されるようになっている。この場合にも、上述したように支持部材11c、11dが振動板10を支持する機能を有するとともに、圧電素子30、31への導通機能を有することになり、構成が簡易となるとともに、効率のよい駆動力伝達を行える。

【0070】A-5. 圧電アクチュエータへの導通構成次に、上述した様々な態様の圧電アクチュエータの圧電素子に駆動回路から駆動電圧を供給する導通構成について説明する。上述した第8および第9の変形例で説明したように、導電体から形成される支持部材を介して駆動回路から圧電素子に駆動電圧を供給するようにしてもよいが、図28に示すような導通構成で圧電素子に駆動電圧を供給するようにしてもよい。同図に示すように、こ



(11)

19

の導通構成では、C字状の弾性導通部材280で振動板10の上下面(電極33)を挟持させ、補強板32から駆動回路250に配線を接続している。このような弾性導通部材280を用いれば、簡易な構成でありながら、駆動回路250から上下に積層された圧電素子30、31に駆動電圧を供給することができる。

【0071】また、図29および図30に示すように、振動板10に導線290を巻き付けるようにし、巻き付けた導線290を介して駆動回路250から駆動電圧を圧電素子30、31に供給するようにしてもよい。このようにしても簡易な導通構成で圧電素子30、31に駆動電圧を供給することができる。なお、上述したように弾性導通部材280や導線290を介して電圧を供給する場合、振動板10の積層構造は、上下面に電極が配置される構造であってもよいし、上下面に導体かなる補強板が配置される構造のものであってもよい。また、圧電素子と補強板の積層構造である振動板以外にも、圧電素子に電圧を供給する場合にも、上述した弾性導通部材280や導線290を用いることができる。

#### 【0072】B. 第2実施形態

次に、本発明の第2実施形態に係る圧電アクチュエータについて説明する。図31に示すように、第2実施形態に係る圧電アクチュエータは、第1実施形態に係る圧電アクチュエータA1の振動板10の代わりに振動板310を備えた構成となっている。

【0073】図32に示すように、振動板310は、第1実施形態における振動板10と同様に補強板32の上下に圧電素子30、31それぞれ積層した構造であるが、図33に示すように、圧電素子30、31上に電極33a、33b、33c、33dが配置されている点で振動板10と異なっている。同図に示すように、振動板310では、圧電素子30を(図示はしないが圧電素子31も同じ)4つの領域に分割し、分割された領域上にそれぞれ電極33a、33b、33c、33dを配置している。

【0074】このように圧電素子30の4つの領域上に配置された電極33a、33b、33c、33dに駆動電圧を供給する導通構成について図34を用いて説明する。同図に示すように、スイッチ(選択手段)341のオン/オフを切り換えることによって、電源340から駆動電圧を全ての電極33a、33b、33c、33dに供給するモードと、電源340から電極33a、33dに供給するモードとを切り換えることができるようになっている。

【0075】ここで、スイッチ341がオンになされ、全ての電極33a、33b、33c、33dに駆動電圧を供給するモードが選択された場合には、図35(a)に示すように、上述した第1実施形態と同様に振動板310が長手方向に伸縮して、振動板310の長手方向に縦振動するようになっている(以下、縦振動モードとす

20

る)。一方、スイッチ341がオフになされ、電極33a、33dにのみ駆動電圧を供給するモードが選択された場合には、駆動電圧が印加された領域のみの圧電素子が伸縮し、図35(b)に示すように、振動板310は振動板310の属する平面内で幅方向(図の上下方向)に屈曲振動するようになっている(以下、屈曲振動モードとする)。このように、スイッチ341を切り換えることによって振動板310の振動モードを選択することができるようになっている。

10 【0076】第2実施形態に係る圧電アクチュエータでは、上述したように2つの振動モードを切り換えることが可能な振動板310を用いてロータ100を駆動しており、振動モードを切り換えることによりロータ100の駆動方向を切り換えることができるようになっている。縦振動モードが選択されている場合には、図36に示すように、振動板310の縦振動によって、ロータ100と突起部36の当接部から図中右向きの駆動力が付与され、これによりロータ100が図中反時計回りに回転させられる。

20 【0077】一方、屈曲振動モードが選択された場合、図37に示すように、振動板310の屈曲振動によって、ロータ100と突起部36との当接部から図中上向きの駆動力が付与され、これによりロータ100が図中時計回りに回転させられるようになっている。

【0078】第2実施形態に係る圧電アクチュエータでは、スイッチ341を切り換えることにより、ロータ100を正方向および逆方向に駆動することができる。上述したように振動板310の振動モードを切り換えることにより、駆動方向の切り換えを行うようにしたので、30 駆動方向毎に振動板を設けたり、振動板と駆動対象であるロータとの位置関係を調節する調節機構を設けたりする必要がない。従って、構成の複雑化および装置の大型化を招くことなく、駆動方向を正逆に切り換えることが可能である。

【0079】なお、第2実施形態に係る圧電アクチュエータにおいても、上述した第1実施形態と同様に種々の変形が可能である。例えば、振動板310に突起部36の代わりに切り欠き部を設けるようにしてもよい(図11参照)。また、振動板310の突起部36とロータ100との接線上に支持部材11の端部38が位置するようにしてもよい(図17参照)。また、支持部材11に加えてばね部材を設けるようにし、このばね部材によって振動板310をロータ100側に付勢するようにしてもよい(図21参照)。

#### 【0080】C. 変形例

50 なお、上述した様々な実施形態においては、圧電アクチュエータが円盤状のロータを回転駆動する構成となっていたが、駆動対象はこれに限定されるものではなく、例えば略直方体状の部材に上述した振動板を当接させ、この直方体状部材をその長手方向に駆動するようにしても



(12)

21

よい。

【0081】また、上述した様々な実施形態に係る圧電アクチュエータは、時計のカレンダー表示機構に搭載される以外にも、電池駆動される時計以外の携帯機器に搭載して用いることも可能である。

【0082】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、長板状の圧電素子を有する振動板を用いているので、低電圧で大きな変位を得ることが可能であり、駆動対象を効率よく駆動することができる。また、振動板に重なって配置される部品等が不要であるため、振動板を薄型化すれば、アクチュエータ全体の薄型化が可能である。また、振動板を駆動対象に当接させているので、振動板と駆動対象の接触状態が安定し、より安定した駆動力の伝達を行うことができる。また、振動板は、補強板と圧電素子を積層した構造となっているため、過大振幅や外力に起因する振動板の破損等を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態に係る圧電アクチュエータを備えた時計のカレンダー表示機構を示す平面図である。

【図2】 前記カレンダー表示機構を組み込んだ時計の概略構成を示す側断面図である。

【図3】 前記圧電アクチュエータの全体構成を示す平面図である。

【図4】 前記圧電アクチュエータの構成要素である振動板を示す側断面図である。

【図5】 前記振動板が縦振動する様子を示す図である。

【図6】 前記振動板が振動した場合に、前記カレンダー表示機構のロータからの反力によって屈曲振動する様子を示す図である。

【図7】 前記屈曲振動時における前記振動板に設けられた突起部の軌道を説明するための図である。

【図8】 前記振動板の振動時における振幅を説明するための図である。

【図9】 前記ロータが逆回転しようとした場合の、前記振動板の状態を説明するための図である。

【図10】 前記振動板を回転自在に支持する回転中心の位置を説明するための図である。

【図11】 前記圧電アクチュエータの第1の変形例を示す平面図である。

【図12】 前記圧電アクチュエータの第2の変形例における振動板を示す側断面図である。

【図13】 前記圧電アクチュエータの第3の変形例を示す平面図である。

【図14】 前記圧電アクチュエータの第4の変形例を示す平面図である。

【図15】 前記圧電アクチュエータの第4の変形例の振動板の製造方法を説明するための図である。

22

【図16】 前記圧電アクチュエータの第4の変形例の他の変形例を示す図である。

【図17】 前記圧電アクチュエータの第5の変形例を示す平面図である。

【図18】 前記圧電アクチュエータの第6の変形例を示す平面図である。

【図19】 前記圧電アクチュエータの第6の変形例の構成要素である支持部材の振幅を説明するための図である。

10 【図20】 前記圧電アクチュエータの第6の変形例の他の例を示す平面図である。

【図21】 前記圧電アクチュエータの第7の変形例を示す平面図である。

【図22】 前記圧電アクチュエータの第7の変形例の構成要素である振動板を回転自在に支持する回転中心の位置を説明するための図である。

【図23】 前記第7の変形例において、前記ロータが逆回転しようとした場合の、前記振動板の振動板の状態を説明するための図である。

20 【図24】 前記圧電アクチュエータの第7の変形例の他の例を示す平面図である。

【図25】 前記圧電アクチュエータの第8の変形例を示す図である。

【図26】 前記圧電アクチュエータの第9の変形例を示す平面図である。

【図27】 前記圧電アクチュエータの第9の変形例を示す側面図である。

【図28】 前記圧電アクチュエータに駆動電圧を供給する導通構成を示す図である。

30 【図29】 前記圧電アクチュエータに駆動電圧を供給する導通構成の他の例を示す平面図である。

【図30】 前記圧電アクチュエータに駆動電圧を供給する導通構成の他の例を示す側面図である。

【図31】 本発明の第2実施形態に係る圧電アクチュエータ全体構成を示す平面図である。

【図32】 前記第2実施形態に係る圧電アクチュエータの構成要素である振動板を示す側面図である。

【図33】 前記第2実施形態に係る圧電アクチュエータの前記振動板を示す平面図である。

40 【図34】 前記第2実施形態に係る圧電アクチュエータに駆動電圧を供給する導通構成を示す図である。

【図35】 (a) は前記第2実施形態に係る圧電アクチュエータの前記振動板が縦振動する様子を示す図であり、(b) は前記振動板が屈曲振動する様子を示す図である。

【図36】 前記第2実施形態に係る圧電アクチュエータの前記振動板が縦振動した時の、前記ロータの駆動方向を説明するための図である。

50 【図37】 前記第2実施形態に係る圧電アクチュエータの前記振動板が屈曲振動した時の、前記ロータの駆動





(13)

23

方向を説明するための図である。

【図38】 従来の圧電アクチュエータを用いた超音波式モータを模式的に示す平面図である。

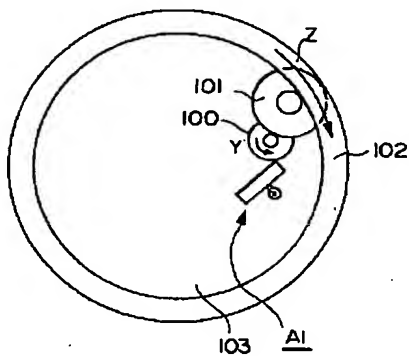
【符号の説明】

10……振動板、11……支持部材、11a, 11b, 11c, 11d……支持部材、30……圧電素子、31……圧電素子、32……補強板、33……電極、35……端部、36……突起部、37……端部（取付部）、3

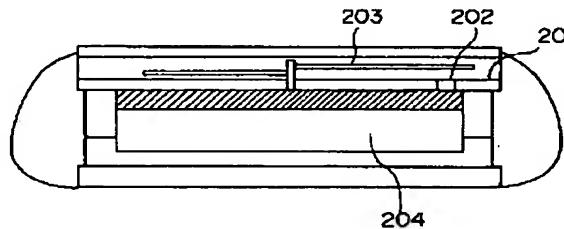
24

8……端部（固定部）、90……切り欠き部、95……振動板、96……端部、100……ロータ、101……中間車、102……日車、103……地板（支持体）、110……ホーン部（延出部）、180……ばね部材（弾性部材）、250……駆動回路、251……圧電素子、280……弾性導通部材、290……導線、310……振動板、340……電源、341……スイッチ（選択手段）

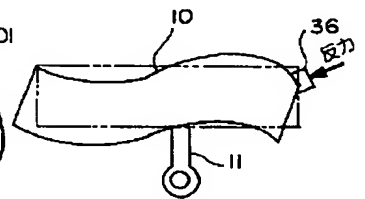
【図1】



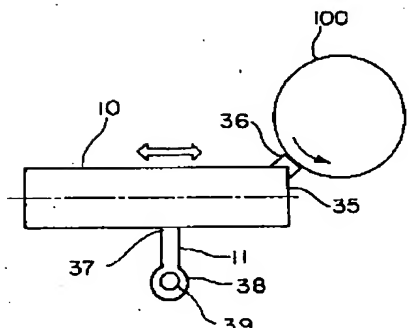
【図2】



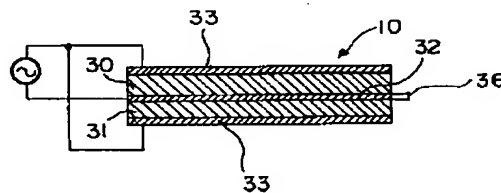
【図6】



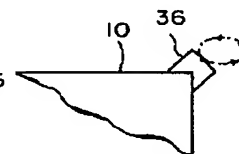
【図3】



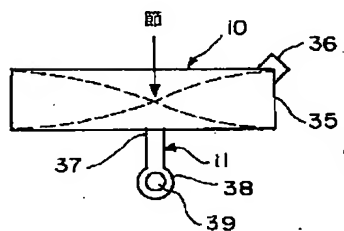
【図4】



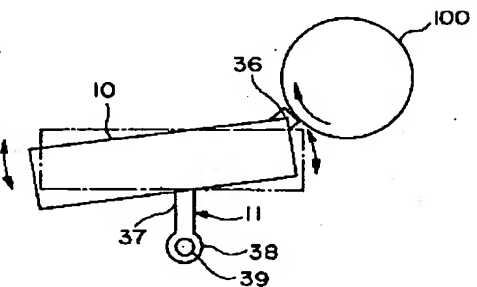
【図7】



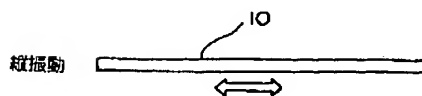
【図8】



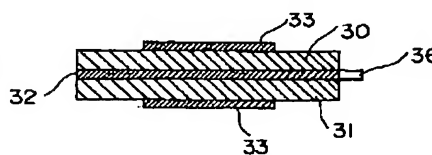
【図9】



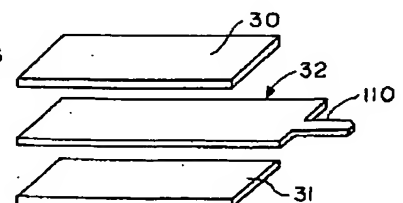
【図5】



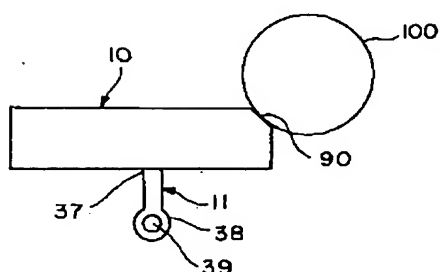
【図12】



【図15】



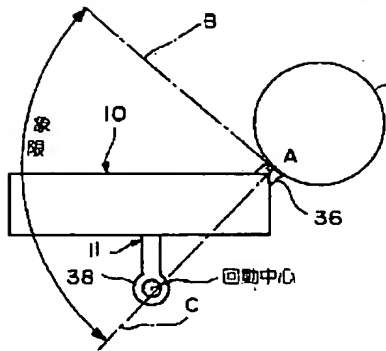
【図11】



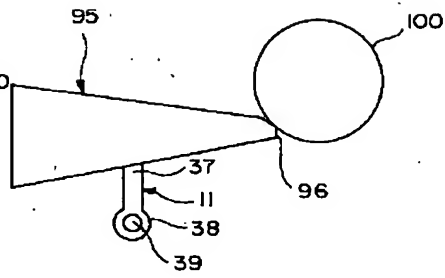


(14)

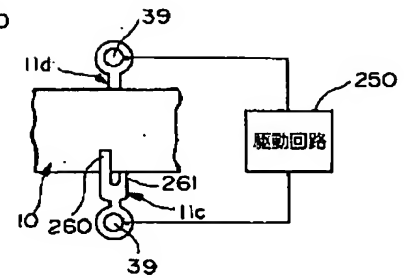
【図10】



【図13】



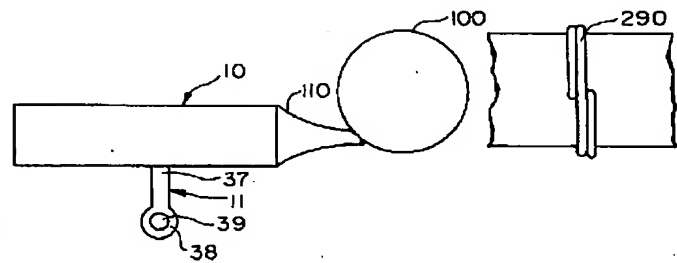
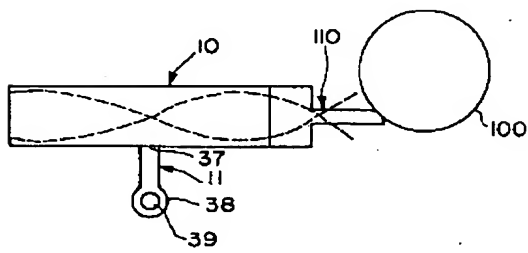
【図26】



【図16】

【図29】

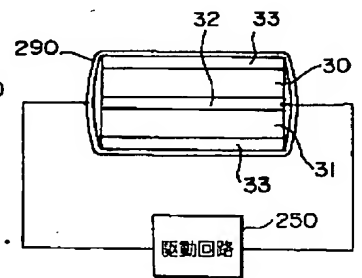
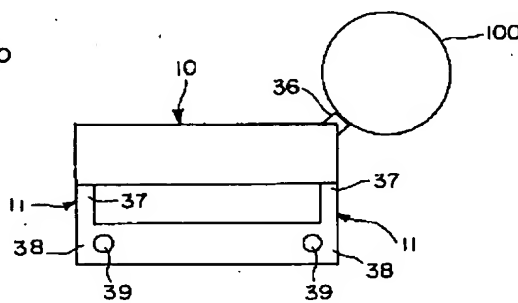
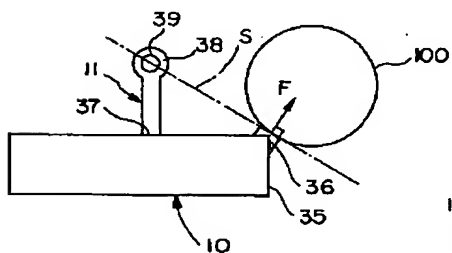
【図14】



【図17】

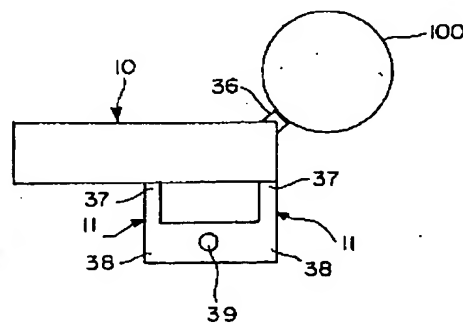
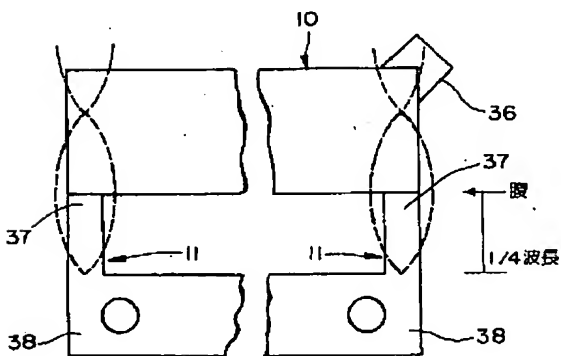
【図18】

【図30】



【図19】

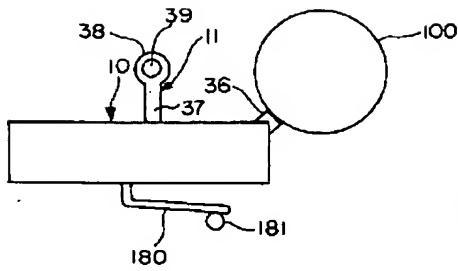
【図20】



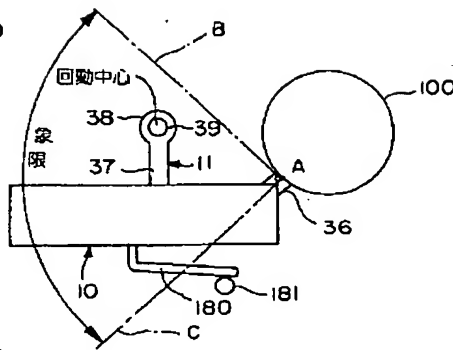


(15)

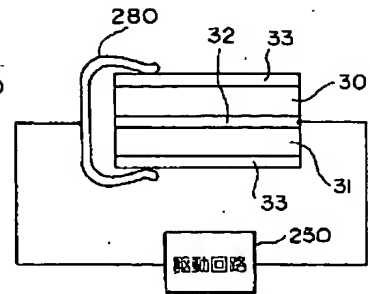
【図21】



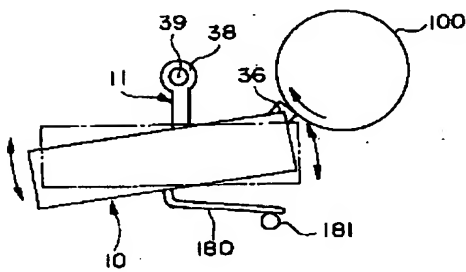
【図22】



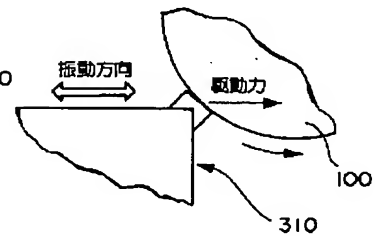
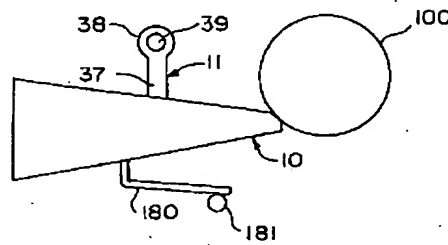
【図28】



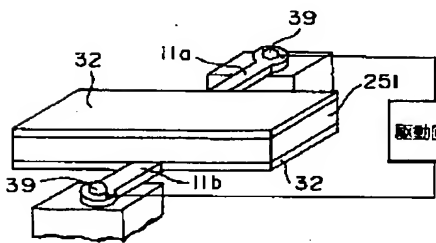
【図23】



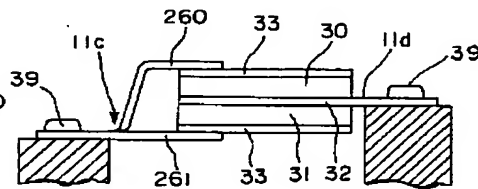
【図24】



【図25】

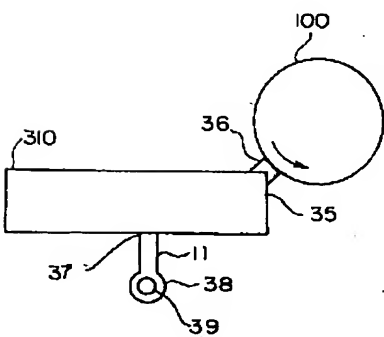


【図27】

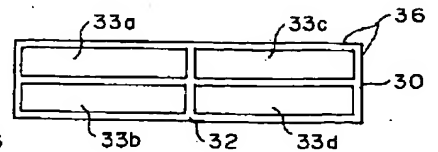
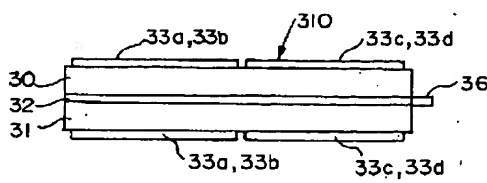


【図33】

【図31】



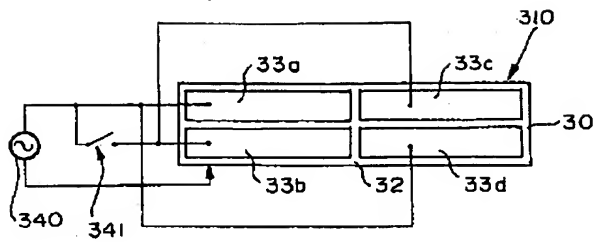
【図32】



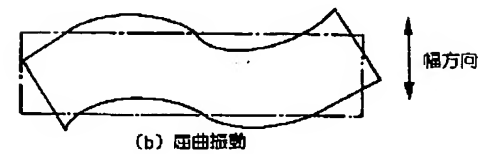
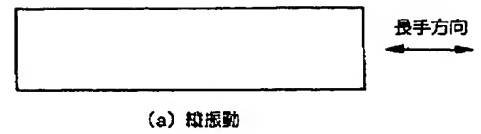


(16)

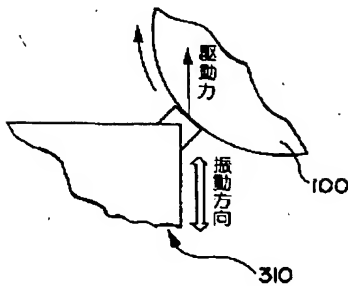
【図34】



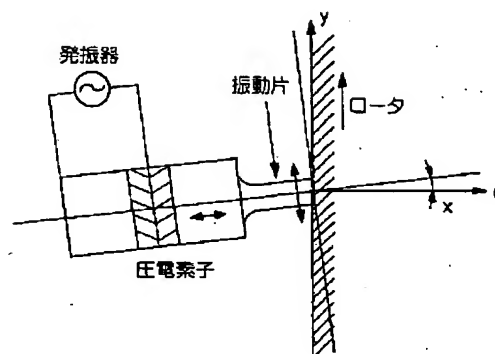
【図35】



【図37】



【図38】



フロントページの続き

(72) 発明者 船坂 司  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 古畑 誠  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 5H680 AA00 AA06 AA08 AA12 AA19  
BB02 BC02 CC02 DD01 DD15  
DD23 DD24 DD28 DD39 DD53  
DD67 DD72 DD73 DD82 DD85  
DD89 DD92 DD93 DD95 DD97  
EE10 EE12 FF08 FF36 GG02  
GG20 GG27





# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-333480

(43)Date of publication of application : 30.11.2000

(51)Int.Cl.

H02N 2/00

G04C 3/12

(21)Application number : 11-250225

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 03.09.1999

(72)Inventor : MIYAZAWA OSAMU  
HASHIMOTO TAIJI  
FUNASAKA TSUKASA  
FURUHATA MAKOTO

(30)Priority

Priority number : 11069158

Priority date : 15.03.1999

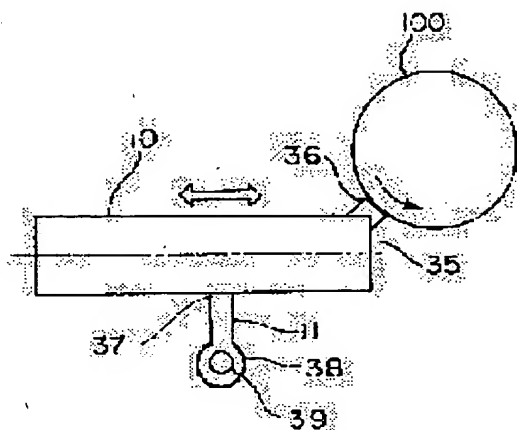
Priority country : JP

## (54) PIEZOELECTRIC ACTUATOR, WATCH AND PORTABLE APPARATUS

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a piezoelectric actuator by which the vibration of a piezoelectric element is transmitted with satisfactory efficiency, which is suitably miniaturized, suitably made thin and by which a drive force is transmitted stably.

**SOLUTION:** A long plate-like diaphragm 10, in which a piezoelectric element and a reinforcing plate are laminated, is supported to a base plate by a support member 11, and it is urged to the side of a rotor 100 by the elastic force of the support member 11. Thereby, a protrusion part 36, which is installed at the diaphragm 10 is brought into contact with the side face of the rotor 100. When the diaphragm 10 is vibrated longitudinally to the right and left directions in the figure by this constitution, the rotor 100 is made to turn counterclockwise according to the displacement of the protrusion part 36.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

23.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]



[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] Base material. The diaphragm to which the laminating of the piezoelectric device and back up plate of the tabular which has a longitudinal direction was carried out. The fixed part fixed to the aforementioned base material, and the attachment section attached in the aforementioned diaphragm. It is the electrostrictive actuator equipped with the above, and when the supporter material which gives an elastic force to the aforementioned diaphragm is provided so that the edge of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm may contact the aforementioned candidate for a drive, and the aforementioned piezoelectric device vibrates to the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm, it carries out the aforementioned diaphragm vibrating and, driving the aforementioned candidate for a drive to \*\* on the other hand in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration by this vibration, as the feature.

[Claim 2] The aforementioned diaphragm is an electrostrictive actuator according to claim 1 characterized by being supported by the aforementioned supporter material possible [ rotation ] within the flat surface to which this diaphragm belongs.

[Claim 3] The diaphragm to which the laminating of a base material, and the piezoelectric device and back up plate of the tabular which has a longitudinal direction was carried out, The supporter material which has the fixed part fixed to the aforementioned base material, and the attachment section attached in the aforementioned diaphragm, and supports the aforementioned diaphragm to the aforementioned base material, The elastic member which gives an elastic force to the aforementioned diaphragm so that the edge of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm may contact the aforementioned candidate for a drive is provided. The electrostrictive actuator characterized by for the aforementioned diaphragm vibrating and on the other hand driving the aforementioned candidate for a drive to \*\* in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration by this vibration when the aforementioned piezoelectric device vibrates to the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm.

[Claim 4] The aforementioned diaphragm is an electrostrictive actuator according to claim 3 characterized by being supported by the aforementioned supporter material and the aforementioned elastic member possible [ rotation ] within the flat surface to which this diaphragm belongs.

[Claim 5] The rotation center of the aforementioned diaphragm is an electrostrictive actuator according to claim 2 or 4 characterized by to be located in the quadrant formed between the opposite direction line extended from the contacting point the aforementioned diaphragm and for [ aforementioned ] a drive to the driving direction and opposite direction for [ aforementioned ] a drive, and the orthotomic which are the aforementioned opposite direction line and a line which intersects perpendicularly in the aforementioned contacting point, and is extended to the aforementioned diaphragm side.

[Claim 6] Base material. The diaphragm to which the laminating of the piezoelectric device and back up plate of the tabular which has a longitudinal direction was carried out. A selection means to choose either of the longitudinal oscillation which vibrates the aforementioned diaphragm to the aforementioned longitudinal direction within the flat surface to which the aforementioned diaphragm belongs, and incurvation vibration which makes the aforementioned diaphragm rock crosswise which intersects perpendicularly with the aforementioned longitudinal direction within the aforementioned flat surface. The fixed part fixed to the aforementioned base material, and the attachment section attached in the aforementioned diaphragm. Are the electrostrictive actuator equipped with the above and the supporter material which gives an elastic force to the aforementioned diaphragm so that the edge of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm may contact the aforementioned candidate for a drive is provided. When the aforementioned longitudinal oscillation is chosen by the aforementioned selection means, the aforementioned diaphragm by [ aforementioned ] carrying out longitudinal oscillation When the aforementioned candidate for a drive is driven to \*\* on the other hand in connection

with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration and the aforementioned crookedness vibration is chosen by the aforementioned selection means, the aforementioned diaphragm by [ aforementioned ] carrying out crookedness vibration It is characterized by driving the aforementioned candidate for a drive to the time of the aforementioned longitudinal oscillation, and an opposite direction in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration.

[Claim 7] The diaphragm to which the laminating of a base material, and the piezoelectric device and back up plate of the tabular which has a longitudinal direction was carried out, A selection means to choose either of the longitudinal oscillation which vibrates the aforementioned diaphragm to the aforementioned longitudinal direction within the flat surface to which the aforementioned diaphragm belongs, and incurvation vibration which makes the aforementioned diaphragm rock crosswise which intersects perpendicularly with the aforementioned longitudinal direction within the aforementioned flat surface, The supporter material which has the fixed part fixed to the aforementioned base material, and the attachment section attached in the aforementioned diaphragm, and supports the aforementioned diaphragm to the aforementioned base material, When the elastic member which gives an elastic force to the aforementioned diaphragm is provided so that the edge of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm may contact the aforementioned candidate for a drive, and the aforementioned longitudinal oscillation is chosen by the aforementioned selection means, the aforementioned diaphragm by [ aforementioned ] carrying out longitudinal oscillation When the aforementioned candidate for a drive is driven to \*\* on the other hand in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration and the aforementioned incurvation vibration is chosen by the aforementioned selection means, the aforementioned diaphragm by [ aforementioned ] carrying out incurvation vibration The electrostrictive actuator characterized by driving the aforementioned candidate for a drive to the time of the aforementioned longitudinal oscillation, and an opposite direction in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration.

[Claim 8] The aforementioned diaphragm is an electrostrictive actuator according to claim 1 to 5 characterized by being formed in the shape of [ to which the aforementioned edge side which contacts the aforementioned candidate for a drive becomes thinner than an other end side ] a taper.

[Claim 9] The aforementioned back up plate is an electrostrictive actuator given in either of the claims 1, 2, 3, 4, 5, and 8 characterized by having the extension section which is extended to the side for [ aforementioned ] a drive more thinly than the center section of the aforementioned diaphragm, and contacts the side for [ aforementioned ] a drive for [ aforementioned ] a drive rather than the aforementioned piezoelectric device.

[Claim 10] The aforementioned attachment section of the aforementioned supporter material is an electrostrictive actuator given in either of the claims 1, 2, 3, 4, 5, 8, and 9 characterized by being attached in two or more places of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm.

[Claim 11] One of the aforementioned attachment sections of the aforementioned supporter material is an electrostrictive actuator according to claim 10 characterized by being attached in the position used as the paragraph of vibration of the aforementioned diaphragm.

[Claim 12] The electrostrictive actuator according to claim 10 or 11 characterized by carrying out abbreviation coincidence of the position of the aforementioned attachment section of the aforementioned supporter material with the position used as the belly of vibration of the aforementioned supporter material accompanying vibration of the aforementioned diaphragm.

[Claim 13] The electrostrictive actuator according to claim 1 to 12 characterized by making it the resonance frequency of the longitudinal oscillation of the aforementioned diaphragm by vibration of the aforementioned piezoelectric device and the resonance frequency of crookedness vibration produced in the aforementioned diaphragm with the reaction force received from the aforementioned candidate for a drive when the aforementioned diaphragm vibrates become almost the same.

[Claim 14] The aforementioned back up plate is an electrostrictive actuator according to claim 1 to 13 characterized by being formed more thinly than the aforementioned piezoelectric device.

[Claim 15] The aforementioned edge which contacts the candidate for a drive of the aforementioned diaphragm is an electrostrictive actuator according to claim 1 to 14 characterized by having the height and this height contacting the aforementioned candidate for a drive.

[Claim 16] The aforementioned diaphragm is an electrostrictive actuator according to claim 1 to 14 characterized by being formed in the shape of [ which the one peak cut and lacked ] a rectangle, and cutting and the lacked portion in the aforementioned diaphragm contacting the aforementioned candidate for a drive.

[Claim 17] The aforementioned piezoelectric device is an electrostrictive actuator according to claim 1 to

16 characterized by having the electrode section arranged in the center section of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm, and the non-electrode section in which the electrode arranged at the ends side of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm is not prepared.

[Claim 18] The aforementioned attachment section in the aforementioned supporter material is an electrostrictive actuator according to claim 1 to 17 characterized by being attached in the position used as the paragraph of vibration of the aforementioned diaphragm.

[Claim 19] The electrostrictive actuator according to claim 18 characterized by carrying out abbreviation coincidence of the position of the aforementioned attachment section of the aforementioned supporter material with the position used as the paragraph of vibration of the aforementioned supporter material accompanying vibration of the aforementioned diaphragm.

[Claim 20] The aforementioned fixed part of the aforementioned supporter material is an electrostrictive actuator according to claim 1 to 19 characterized by being located on the driving-direction line for [aforementioned] a drive.

[Claim 21] The aforementioned back up plate is an electrostrictive actuator according to claim 1 to 20 characterized by supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned back up plate by which is a conductor, and the laminating is carried out to the upper and lower sides of the aforementioned piezoelectric device, respectively, and the laminating was carried out to the upper and lower sides of the aforementioned piezoelectric device.

[Claim 22] The aforementioned supporter material is an electrostrictive actuator according to claim 1 to 21 which is a conductor and is characterized by supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned supporter material.

[Claim 23] The electrostrictive actuator according to claim 1 to 21 characterized by providing further the elastic conductor which contacts the vertical side of the aforementioned diaphragm, respectively and puts the aforementioned diaphragm between it, and supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned elastic conductor.

[Claim 24] The electrostrictive actuator according to claim 1 to 21 characterized by providing further the lead wire twisted while contacting the circumference of the aforementioned diaphragm, and supplying power to a front piezoelectric device through the aforementioned lead wire.

[Claim 25] The electrostrictive actuator which has a piezoelectric device, and is an electrostrictive actuator which drives the candidate for a drive by vibration of the aforementioned piezoelectric device, and a laminating is carried out to the upper and lower sides of the aforementioned piezoelectric device, and is characterized by having the back up plate formed from a conductor, and supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned back up plate.

[Claim 26] The electrostrictive actuator characterized by being the electrostrictive actuator which drives the candidate for a drive by vibration of the aforementioned piezoelectric device, being formed from a base material and a conductor, having [to have a piezoelectric device,] the supporter material which supports the aforementioned piezoelectric device to the aforementioned base material, and supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned supporter material.

[Claim 27] The electrostrictive actuator characterized by having a piezoelectric device, being the electrostrictive actuator which drives the candidate for a drive by vibration of the aforementioned piezoelectric device, having the elastic conductor which contacts the vertical side of the aforementioned piezoelectric device, respectively, and puts the aforementioned piezoelectric device between it, and supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned elastic conductor.

[Claim 28] The electrostrictive actuator characterized by having a piezoelectric device, being the electrostrictive actuator which drives the candidate for a drive by vibration of the aforementioned piezoelectric device, having the lead wire twisted while contacting the circumference of the aforementioned piezoelectric device, and supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned lead wire.

[Claim 29] The clock characterized by providing an electrostrictive actuator according to claim 1 to 28, Rota of the shape of a disk in which a rotation drive is carried out by the aforementioned electrostrictive actuator, and the ring-like calender display vehicle rotated on the turning effort of aforementioned Rota.

[Claim 30] The pocket device characterized by providing an electrostrictive actuator according to claim 1 to 28 and the cell which supplies power to the aforementioned electrostrictive actuator.

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the clock and pocket device which equip an electrostrictive actuator and a row with this electrostrictive actuator.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since the piezoelectric device is excellent in the conversion efficiency from electrical energy to mechanical energy, and responsibility, various kinds of electrostrictive actuators using the piezoelectricity effect of a piezoelectric device are developed in recent years. This electrostrictive actuator is applied to fields, such as a piezo-electric buzzer, an ink-jet head of a printer, or an ultrasonic motor.

[0003] Drawing 38 is the plan showing the ultrasonic motor using the conventional electrostrictive actuator typically. As shown in this drawing, this kind of ultrasonic motor pokes, is called mold, makes some Rota sides incline at the nose of cam of the oscillating piece combined with the piezoelectric device, and is contacted at it. Under such composition, if a piezoelectric device expands and contracts and an oscillating piece moves reciprocally in the length direction by the alternating voltage from the oscillation section, component of a force will occur in the circumferencial direction of Rota, and Rota will rotate.

[0004] Moreover, it has two ultrasonic vibrators (piezoelectric device), each ultrasonic vibrator is vibrated by the electric resonance frequency of itself, and the technology to which the variation rate of the oscillating piece is carried out by this vibration is known (JP,10-225151,A).

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the variation rate of a piezoelectric device is minute although it is based also on applied voltage, and it is usual that it is about several micrometers, and even when vibrating it by the resonance frequency mentioned above, it is the same. For this reason, what a variation rate is amplified and is transmitted to Rota by a certain multiplication mechanism is performed. However, when a multiplication mechanism is used, in order to move itself, energy is consumed and there is a problem that efficiency falls. Moreover, when it minds a multiplication mechanism, there is transfer of the driving force to stable Rota that it is difficult also with a bird clapper.

[0006] Moreover, since a small pocket device like a wrist watch is driven by the cell, it needs to stop power consumption and driver voltage low. Therefore, especially when including an electrostrictive actuator in such a pocket device, it is required that the energy efficiency should be high and driver voltage should be low.

[0007] By the way, in a clock etc., it is common to transmit the rotation driving force of an electromagnetic step motor to a Japanese vehicle etc. intermittently through \*\*\*\* for movement, and to send and drive a Japanese vehicle by the calender display mechanism which displays a day, \*\*, etc. On the other hand, since a wrist watch twists and carries a belt at a wrist, it has the demand of thin-shape-izing for many years so that conveniently [carrying]. In order to pursue thin shape-ization, it is also necessary to make thickness of a calender display mechanism thin. However, since a step motor incorporates a coil and parts called Rota in the direction of the outside of a field and is constituted, there is a limitation in making the thickness thin. For this reason, the conventional calender mechanism using the step motor had structurally the problem of not being suitable in thin shape-ization.

[0008] Although it is necessary to constitute a calender display mechanism in a dial side in order to communalize the mechanical system (the so-called movement) of movement between the clock which has a calender display mechanism especially, and a clock without the starting mechanism, thin-shape-izing to the extent that it can constitute from an electromagnetic step motor in a dial side is difficult. Therefore, by the existence of a display mechanism, the mechanical system of movement needed to be designed separately, and the conventional clock needed to manufacture it, and had become a problem at the time of raising the productivity.

[0009] this invention is suitable for small and thin shape-ization, and aims at offering the electrostrictive



actuator which is stabilized and can transmit driving force, the clock which equipped the row with this, and a pocket device while it is made in consideration of the above-mentioned situation and transmits vibration of a piezoelectric device efficiently.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the electrostrictive actuator concerning this invention The diaphragm to which the laminating of a base material, and the piezoelectric device and back up plate of the tabular which has a longitudinal direction was carried out, It is the elastic member which has the fixed part fixed to the aforementioned base material, and the attachment section attached in the aforementioned diaphragm. The supporter material which gives an elastic force to the aforementioned diaphragm so that the edge of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm may contact the aforementioned candidate for a drive is provided. When the aforementioned piezoelectric device vibrates to the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm, it is characterized by for the aforementioned diaphragm vibrating and on the other hand driving the aforementioned candidate for a drive to \*\* in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration by this vibration.

[0011] Moreover, the diaphragm to which the laminating of the piezoelectric device and back up plate of the tabular in which, as for the electrostrictive actuator concerning this invention, it has a longitudinal direction with a base material was carried out, The supporter material which has the fixed part fixed to the aforementioned base material, and the attachment section attached in the aforementioned diaphragm, and supports the aforementioned diaphragm to the aforementioned base material, The elastic member which gives an elastic force to the aforementioned diaphragm so that the edge of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm may contact the aforementioned candidate for a drive is provided. When the aforementioned piezoelectric device vibrates to the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm, it is characterized by for the aforementioned diaphragm vibrating and on the other hand driving the aforementioned candidate for a drive to \*\* in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration by this vibration.

[0012] According to this composition, a diaphragm vibrates by vibration of a piezoelectric device. On the other hand, the candidate for a drive which this diaphragm is made to contact in connection with the variation rate of the diaphragm by this vibration is made to drive by \*\*. With this composition, since the diaphragm which has the piezoelectric device of a long tabular is used, it is possible to obtain a big variation rate at a low battery, and it can drive efficiently. Moreover, since the parts arranged by lapping with a diaphragm are unnecessary, if a diaphragm is thin-shape-ized, thin-shape-izing of the whole actuator is possible. Moreover, since the diaphragm is made to contact the candidate for a drive, driving force which the contact state a diaphragm and for a drive was stabilized and was stabilized more can be transmitted. Moreover, since the diaphragm has structure which carried out the laminating of the piezoelectric device to the back up plate, breakage of the diaphragm resulting from an excessive amplitude or external force etc. can be reduced. Moreover, since it was made for a diaphragm to drive the candidate for a drive to \*\* on the other hand, driving force can be transmitted efficiently.

[0013] You may make it support the aforementioned diaphragm possible [ rotation ] within the flat surface to which this diaphragm belongs. You may make it located in the opposite direction line extended from the contacting point the aforementioned diaphragm and for [ aforementioned ] a drive to the driving direction and opposite direction for [ aforementioned ] a drive in the rotation center of the aforementioned diaphragm at this time, and the aforementioned contacting point in the quadrant formed between the orthotomics which are the aforementioned opposite direction line and a line which intersects perpendicularly, and are extended to the aforementioned diaphragm side. When doing in this way and the candidate for a drive tends to move to an opposite direction by external force etc., and a diaphragm rotates, for [ of a diaphragm / an edge and for a drive ] can maintain a contact state, and it can return to the position before moving the candidate for a drive to an opposite direction because a diaphragm returns to the original position after this.

[0014] Moreover, the diaphragm to which the laminating of the piezoelectric device and back up plate of the tabular in which, as for the electrostrictive actuator concerning this invention, it has a longitudinal direction with a base material was carried out, A selection means to choose either of the longitudinal oscillation which vibrates the aforementioned diaphragm to the aforementioned longitudinal direction within the flat surface to which the aforementioned diaphragm belongs, and crookedness vibration which makes the aforementioned diaphragm rock crosswise which intersects perpendicularly with the aforementioned longitudinal direction within the aforementioned flat surface, It is the elastic member which has the fixed part fixed to the aforementioned base material, and the attachment section attached in the aforementioned diaphragm. When the supporter material which gives an elastic force to the aforementioned diaphragm is provided so that the edge of the longitudinal direction of the

aforementioned diaphragm may contact the aforementioned candidate for a drive, and the aforementioned longitudinal oscillation is chosen by the aforementioned selection means, the aforementioned diaphragm by [ aforementioned ] carrying out longitudinal oscillation When the aforementioned candidate for a drive is driven to \*\* on the other hand in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration and the aforementioned crookedness vibration is chosen by the aforementioned selection means, the aforementioned diaphragm by [ aforementioned ] carrying out crookedness vibration It is characterized by driving the aforementioned candidate for a drive to the time of the aforementioned longitudinal oscillation, and an opposite direction in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration.

[0015] Moreover, the diaphragm to which the laminating of the piezoelectric device and back up plate of the tabular in which, as for the electrostrictive actuator concerning this invention, it has a longitudinal direction with a base material was carried out, A selection means to choose either of the longitudinal oscillation which vibrates the aforementioned diaphragm to the aforementioned longitudinal direction within the flat surface to which the aforementioned diaphragm belongs, and crookedness vibration which makes the aforementioned diaphragm rock crosswise which intersects perpendicularly with the aforementioned longitudinal direction within the aforementioned flat surface, The supporter material, which has the fixed part fixed to the aforementioned base material, and the attachment section attached in the aforementioned diaphragm, and supports the aforementioned diaphragm to the aforementioned base material, When the elastic member which gives an elastic force to the aforementioned diaphragm is provided so that the edge of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm may contact the aforementioned candidate for a drive, and the aforementioned longitudinal oscillation is chosen by the aforementioned selection means, the aforementioned diaphragm by [ aforementioned ] carrying out longitudinal oscillation When the aforementioned candidate for a drive is driven to \*\* on the other hand in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration and the aforementioned crookedness vibration is chosen by the aforementioned selection means, the aforementioned diaphragm by [ aforementioned ] carrying out crookedness vibration It is characterized by driving the aforementioned candidate for a drive to the time of the aforementioned longitudinal oscillation, and an opposite direction in connection with the variation rate of the aforementioned diaphragm by this vibration.

[0016] When a selection means chooses longitudinal oscillation, on the other hand, the candidate for a drive which this diaphragm is made to contact in connection with the variation rate of the diaphragm by the vibration is made to drive according to this composition by \*\*. On the other hand, when a selection means chooses incurvation vibration, the candidate for a drive which this diaphragm is made to contact in connection with the variation rate of the diaphragm by the vibration is made to drive by the opposite direction. Therefore, the candidate for a drive can be driven to a right opposite direction, without arranging two or more diaphragms or establishing the mechanism in which the sense of a diaphragm is adjusted etc. (i.e., without it causing enlargement of equipment). Moreover, since the parts arranged by lapping with a diaphragm are unnecessary, if a diaphragm is thin-shape-ized, thin-shape-izing of the whole actuator is possible. Moreover, since the diaphragm is made to contact the candidate for a drive, driving force which the contact state a diaphragm and for a drive was stabilized and was stabilized more can be transmitted. Moreover, since the diaphragm has structure which carried out the laminating of the piezoelectric device to the back up plate, breakage of the diaphragm resulting from an excessive amplitude or external force etc. can be reduced.

[0017] You may make it the aforementioned edge side which contacts the aforementioned candidate for a drive form the aforementioned diaphragm in the shape of [ which becomes thinner than an other end side ] a taper. If it does in this way, it will become possible to enlarge the variation rate by the side of the edge which contacts the candidate for a drive. Although irregularity is in the edge in contact with the candidate for a drive, and the amount of drives may decrease in response to the influence of this irregularity when the variation rate of an edge is small, if a variation rate is expanded as mentioned above, driving force can be transmitted more certainly, without being influenced of concavo-convex. Moreover, that vibration of the cross direction of a diaphragm resonates and amplifies can suppress vibration which is suppressed, that is, bars vibration which drives the candidate for a drive. Therefore, driving force can be transmitted more efficiently.

[0018] Moreover, you may make it have the extension section to which the aforementioned back up plate is extended to the side for [ aforementioned ] a drive more thinly than the center section of the aforementioned diaphragm, and contacts the side for [ aforementioned ] a drive for [ aforementioned ] a drive rather than the aforementioned piezoelectric device. If it does in this way, the variation rate of the extension section by vibration of a diaphragm can be enlarged, and driving force can be transmitted more efficiently.

[0019] Moreover, you may make it attach the aforementioned attachment section of the aforementioned supporter material in two or more places of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm. If it does in this way, transfer of the driving force which the installation position of a diaphragm was stabilized and was stabilized more will be attained.

[0020] Moreover, you may make it attach one of the aforementioned attachment sections of the aforementioned supporter material in the position used as the paragraph of vibration of the aforementioned diaphragm. If it does in this way, vibrational-energy loss of a diaphragm can decrease and driving force can be transmitted more efficiently.

[0021] Moreover, you may be made to carry out abbreviation coincidence of the position of the aforementioned attachment section of the aforementioned supporter material with the position of the belly of vibration of the aforementioned supporter material accompanying vibration of the aforementioned diaphragm. When doing in this way and a diaphragm is supported by two or more places, barring vibration of a diaphragm can decrease and driving force can be transmitted more efficiently.

[0022] Moreover, you may make it the resonance frequency of the longitudinal oscillation of the aforementioned diaphragm by vibration of the aforementioned piezoelectric device and the resonance frequency of incurvation vibration produced in the aforementioned diaphragm with the reaction force received from the aforementioned candidate for a drive when the aforementioned diaphragm vibrates become almost the same. If it does in this way, vibration by vibration of a piezoelectric device and vibration by the reaction force from the candidate for a drive will resonate, and the edge of a diaphragm will come to move along with an elliptical orbit. Thus, if an edge moves along with an elliptical orbit, time for an edge and the candidate for a drive to contact will become long, i.e., the variation rate of the edge at the time of contact can become large, and driving force can be transmitted more efficiently.

[0023] Moreover, you may make it form the aforementioned back up plate more thinly than the aforementioned piezoelectric device. If it does in this way, the influence of the back up plate which bars vibration of a piezoelectric device can decrease, and more efficient driving force transfer can be performed.

[0024] Moreover, it is made for the aforementioned edge which contacts the candidate for a drive of the aforementioned diaphragm to have a height, and you may make it this height contact the aforementioned candidate for a drive. thus -- if it carries out -- the candidate for a drive -- a metal -- since the short-circuit resulting from the candidate for a drive contacting a piezoelectric device etc. can be prevented and polish etc. should carry out only this height that is the contact section for a drive when it is a member, manufacture, a maintenance, etc. become easy

[0025] Moreover, it is made to form in the shape of [ in which the one peak cut and lacked the aforementioned diaphragm ] a rectangle, and it cuts and you may make it the lacked portion in the aforementioned diaphragm contact the aforementioned candidate for a drive. If it does in this way, manufacture and a maintenance will become easy that it cuts and polish etc. should carry out only the lacked portion.

[0026] Moreover, you may make it have the polar zone by which the aforementioned piezoelectric device is arranged in the center section of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm, and the non-polar zone in which the electrode by which it is arranged at the ends side of the longitudinal direction of the aforementioned diaphragm is not prepared. If it does in this way and power will be supplied only to the polar zone of the center section of the piezoelectric device, vibration of a piezoelectric-device center section will be transmitted to an ends side. Moreover, when resonating by vibration of the center section of the piezoelectric device, the deformation by the side of ends becomes large, and it needs to supply power and it is not necessary to make it dare transform the piezoelectric device by the side of ends into an ends side. Therefore, power consumption can be reduced, maintaining the amount of displacement of a diaphragm, i.e., driving force.

[0027] Moreover, you may make it attach the aforementioned attachment section in the aforementioned supporter material in the position used as the paragraph of vibration of the aforementioned diaphragm. If it does in this way, loss of the vibrational energy of a diaphragm can decrease and driving force can be transmitted more efficiently. Moreover, you may be made to carry out abbreviation coincidence of the position of the aforementioned attachment section of the aforementioned supporter material with the position of the paragraph of vibration of the aforementioned supporter material accompanying vibration of the aforementioned diaphragm.

[0028] Moreover, you may make it the aforementioned fixed part of the aforementioned supporter material located on the driving-direction line for [ aforementioned ] a drive. If it does in this way, transfer of the driving force which the contact position and the degree of contact angle an edge and for a drive of a diaphragm were stabilized, and was stabilized more will be attained.

[0029] Moreover, you may make it supply power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned back up plate by which was made to carry out a laminating to the upper and lower sides

of the aforementioned piezoelectric device, respectively, and the laminating was carried out to the upper and lower sides of the aforementioned piezoelectric device, using a conductor as the aforementioned back up plate. If it does in this way, since the back up plate which suppresses breakage of a diaphragm has an electric supply function to a piezoelectric device, the flow composition of the exterior and a piezoelectric device becomes simple.

[0030] Moreover, you may make it supply power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned supporter material, using a conductor as the aforementioned supporter material. If it does in this way, it will have the support function and electric supply function in which supporter material supports a diaphragm, and the flow composition of the exterior and a piezoelectric device will become simple.

[0031] Moreover, the elastic conductor which contacts the vertical side of the aforementioned diaphragm, respectively and puts the aforementioned diaphragm between it is provided further, and you may make it supply power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned elastic conductor. If it does in this way, the flow composition of the exterior and a piezoelectric device will become simple.

[0032] Moreover, the lead wire twisted while contacting the circumference of the aforementioned diaphragm is provided further, and you may make it supply power to a front piezoelectric device through the aforementioned lead wire. If it does in this way, the flow composition of the exterior and a piezoelectric device will become simple.

[0033] Moreover, the electrostrictive actuator concerning this invention has a piezoelectric device, it is an electrostrictive actuator which drives the candidate for a drive by vibration of the aforementioned piezoelectric device, and a laminating is carried out to the upper and lower sides of the aforementioned piezoelectric device, it is equipped with the back up plate formed from a conductor, and is characterized by supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned back up plate. According to this composition, since the back up plate is \*\*\*\*(ed) by the upper and lower sides of a piezoelectric device, breakage of the piezoelectric device by the excessive amplitude or external force can be reduced. Moreover, since the electric power supply to a piezoelectric device can be performed through this back up plate, the flow composition to a piezoelectric device becomes simple.

[0034] Moreover, the electrostrictive actuator concerning this invention is an electrostrictive actuator which drives the candidate for a drive by vibration of the aforementioned piezoelectric device, it is formed from a base material and a conductor, is equipped [ it has a piezoelectric device, and ] with the supporter material which supports the aforementioned piezoelectric device to the aforementioned base material, and is characterized by supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned supporter material. According to this composition, it will have the support function and electric supply function in which supporter material supports a piezoelectric device, and the flow composition of the exterior and a piezoelectric device becomes simple.

[0035] Moreover, the electrostrictive actuator concerning this invention is equipped with the elastic conductor which has a piezoelectric device, is the electrostrictive actuator which drives the candidate for a drive by vibration of the aforementioned piezoelectric device, contacts the vertical side of the aforementioned piezoelectric device, respectively, and puts the aforementioned piezoelectric device, and is characterized by supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned elastic conductor. According to this composition, the flow composition of the exterior and a piezoelectric device becomes simple.

[0036] Moreover, the electrostrictive actuator concerning this invention has a piezoelectric device, is an electrostrictive actuator which drives the candidate for a drive by vibration of the aforementioned piezoelectric device, is equipped with the lead wire twisted while contacting the circumference of the aforementioned piezoelectric device, and is characterized by supplying power to the aforementioned piezoelectric device through the aforementioned lead wire. According to this composition, the flow composition of the exterior and a piezoelectric device becomes simple.

[0037] Moreover, the clock concerning this invention is characterized by providing an electrostrictive actuator according to claim 1 to 22, Rota of the shape of a disk in which a rotation drive is carried out by the aforementioned electrostrictive actuator, and the ring-like calender display vehicle rotated on the turning effort of aforementioned Rota. Since the electrostrictive actuator built in is the structure suitable for thin shape-ization according to this composition, thin shape-ization becomes easy about the whole clock. Moreover, since the electrostrictive actuator built in is efficient, the consumption energy of the whole clock can be reduced.

[0038] Moreover, the pocket device concerning this invention is characterized by providing an electrostrictive actuator according to claim 1 to 22 and the cell which supplies power to the aforementioned electrostrictive actuator. Since the electrostrictive actuator built in is suitable for thin shape-ization according to this composition and the efficient electrostrictive actuator is carried while thin

shape-ization of the whole device becomes easy, a battery life becomes long and is suitable as a pocket device.

[0039]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained with reference to a drawing.

A. Calender display mechanism \*\*\*\* of a 1st operation gestalt A-1. wrist watch and drawing 1 are drawings showing the calender display mechanism of a wrist watch equipped with the electrostrictive actuator concerning the 1st operation gestalt of this invention. As shown in this drawing, this calender display mechanism is equipped with an electrostrictive actuator A1, Rota 100, the middle vehicle 101, and the ring-like Japanese vehicle 102 by which a day and \*\* were written.

[0040] Rota 100 supported to revolve by the cope plate (base material) 103 is made to carry out a rotation drive in the direction shown by the arrow Y in drawing by the electrostrictive actuator A1. In this Rota 100, the middle vehicle 101 supported to revolve by the cope plate 103 has geared, and the Japanese vehicle 102 has geared in the middle vehicle 101. By this composition, the Japanese vehicle 102 is rotated with rotation of Rota 100 driven to an electrostrictive actuator A1 by the direction shown by the arrow Z in drawing.

[0041] Next, the composition of the clock incorporating the calender display mechanism mentioned above is explained using drawing 2. In this drawing, the calender display mechanism mentioned above into the slash portion is incorporated. The disk-like dial 201 is formed in the calender display mechanism (slash portion) bottom. In order to display the date, the window part 202 is formed in a part of periphery section of this dial 201, and the date written by the Japanese vehicle 102 can be peeped into now through a window part 202. The movement 204 which drives movement 203 is formed in the dial 201 bottom. The display of the day displayed on the window part 202 mentioned above, \*\*, etc. switches by rotating the Japanese vehicle 102 under this composition.

[0042] A-2. Explain the electrostrictive actuator concerning this operation gestalt with reference to the composition next drawing 3, and drawing 4 of an electrostrictive actuator. As shown in drawing 3, the electrostrictive actuator A1 is equipped with the diaphragm 10 of the long tabular formed in the longitudinal direction of drawing for a long time, and the supporter material 11 which supports this diaphragm 10 to a cope plate 103 (refer to drawing 1).

[0043] The height 36 protrudes on the edge 35 of the longitudinal direction of a diaphragm 10 towards the Rota 100 side, and this height 36 touches the side of Rota 100. Since what is necessary is to work polish etc. only to a height 36 in order to maintain the state of the contact surface with Rota 100 etc. by forming such a height 36, management of the contact section with Rota 100 becomes easy. moreover -- as a height 36 -- a conductor -- or -- un--- although the thing of a conductor can be used -- un--- even if it contacts Rota 100 generally formed from a metal, piezoelectric devices 30 and 31 can be prevented from short-circuiting, if it is made to form from a conductor

[0044] The end section (attachment section) 37 of the supporter material 11 is attached in the mist and Rota 100 side from the center of the longitudinal direction of a diaphragm 10. The other end (fixed part) 38 of the supporter material 11 is supported by the cope plate 103 (refer to drawing 1) with the screw 39. The supporter material 11 is supported where a diaphragm 10 is energized to the Rota 100 side, and thereby, the height 36 of a diaphragm 10 is made to contact the side of Rota 100 to it under this composition by the elastic force.

[0045] As shown in drawing 4, the diaphragm 10 has a laminated structure which has arranged the back up plates 32, such as small stainless steel thicker than these piezoelectric devices 30 and 31, between two piezoelectric devices 30 and 31. Thus, damage on the diaphragm 10 resulting from the fault amplitude and external force of a diaphragm 10 can be reduced by arranging back-up-plate 32 among piezoelectric devices 30 and 31. Moreover, it is made not to bar vibration of piezoelectric devices 30 and 31 as much as possible by using a small thing thicker than piezoelectric devices 30 and 31 as a back up plate 32.

[0046] On the field of the piezoelectric devices 30 and 31 arranged up and down, the electrode 33 is arranged, respectively. Voltage is supplied from the flow composition later mentioned to piezoelectric devices 30 and 31 through this electrode 33. Here, as piezoelectric devices 30 and 31, they are titanite-acid zirconic-acid lead (PZT (trademark)), crystal, a lithium niobate, a barium titanate, a lead titanate, meta-niobic-acid lead, a polyvinylidene fluoride, and zinc niobic-acid lead ( $\text{Pb}(\text{Zn}^{1/3}\text{-Nb}^{2/3})\text{O}_3 \cdot 1\text{-x-Pb Ti O}_3 \cdot \text{x}$ ) (x changes with composition.). About  $x = 0.09$  and scandium niobic-acid lead ( $\text{Pb}(\text{Sc}^{1/2}\text{Nb}^{1/2})\text{O}_3 \cdot 1\text{-x-TiO}_3 \cdot \text{x}$ ) (x change with composition. Various kinds of things, such as about  $x = 0.09$ , can be used.

[0047] If alternating voltage is impressed to piezoelectric devices 30 and 31 through an electrode 33 from the drive circuit mentioned later, a diaphragm 10 will vibrate, when piezoelectric devices 30 and 31 expand and contract. In that case, as shown in drawing 5, a diaphragm 10 will vibrate by the longitudinal oscillation expanded and contracted in a longitudinal direction, and a diaphragm 10 will



vibrate in the direction shown by the drawing 3 Nakaya mark by this (unladen, i.e., the state where the height 36 does not touch Rota 100). Moreover, a bigger variation rate can be obtained by low driver voltage by considering as the structure where the laminating of the piezoelectric devices 30 and 31 of a long tabular was carried out, carrying out parallel connection of the diaphragm 10, and driving it, as mentioned above.

[0048] A-3. Explain operation of an electrostrictive actuator, next operation of the electrostrictive actuator A1 of the above-mentioned composition. First, if voltage is impressed to a diaphragm 10 from the drive circuit which is not illustrated, it will bend and vibrate by expansion and contraction of piezoelectric devices 30 and 31, and as shown in drawing 3, after the height 36 has contacted Rota 100, a diaphragm 10 will vibrate in the direction of an arrow. Rota 100 is rotated in connection with the height 36 by this vibration by the direction of the arrow in drawing. Thus, by rotating Rota 100, the Japanese vehicle 102 is rotated through the middle vehicle 101 (refer to drawing 1), and the day and \*\* which are displayed switch.

[0049] Here, in an electrostrictive actuator A1, since the height 36 made to contact Rota 100 is formed in the position [ center line / of the diaphragm 10 shown with the alternate long and short dash line in drawing ] shifted, in a diaphragm 10, crookedness vibration as shown in drawing 6 arises with the reaction force from the side of Rota 100. The amplitude of vibration which will be produced in a diaphragm 10 if applied voltage, the configuration of a diaphragm 10, the position of a height 36, etc. are set up so that it may get blocked and resonate the oscillation frequency of this crookedness vibration and the longitudinal oscillation produced by expansion and contraction of piezoelectric devices 30 and 31 carries out [ an amplitude ] abbreviation coincidence becomes large. Thus, if the longitudinal oscillation by expansion and contraction of piezoelectric devices 30 and 31 and crookedness vibration mentioned above are resonated, as shown in drawing 7, a height 36 will come to move along with an elliptical orbit. That is, if longitudinal oscillation and resonating crookedness vibration are excited, a height 36 will move along with a bigger elliptical orbit. Thus, if it is made for a height 36 to move along with a big elliptical orbit, time for a height 36 to contact Rota 100 will become long, and the variation rate of the height 36 at the time of contact will become large. Therefore, if the longitudinal oscillation by expansion and contraction of piezoelectric devices 30 and 31 and crookedness vibration which resonates are made to induce, more efficient driving force transfer can be performed.

[0050] Moreover, in this electrostrictive actuator A1, since the height 36 is energized by the elastic force of the supporter material 11 at the Rota 100 side, friction sufficient between Rota 100 and a height 36 is obtained. Thereby, it is reduced that a height 36 and Rota 100 slip and the stable driving force transfer to Rota 100 of it is attained from a height 36. Furthermore, contact can be maintained even if there are a size error, aging, etc. In addition, in order to induce the crookedness vibration by the reaction force from Rota 100 mentioned above, you may make it prepare in addition to the position of illustration of a height 36 that the contact section 36 with Rota 100 in a diaphragm 10, i.e., a height, has just shifted from the center line of a diaphragm 10.

[0051] Moreover, the edge 37 of the supporter material 11 is attached in the position used as the paragraph of the amplitude of the center line of the diaphragm 10 shown by the drawing 8 destructive line, i.e., the position where an amplitude serves as the minimum, in the electrostrictive actuator A1 concerning this operation gestalt. Specifically, it is attached in the Rota 100 side rather than the center section of the longitudinal direction of a diaphragm 10. Although the center section of the longitudinal direction of a diaphragm 10 became the paragraph of vibration at the time of a no-load in the case of-like [ rectangle ] as the diaphragm 10 mentioned above, as this indicated drawing 8 in fact that it mentioned above under the influence of the reaction force from Rota 100 etc., the paragraph of vibration is because it will be located in the Rota 100 side rather than a center section. Thus, by supporting a diaphragm 10 in the position used as the paragraph of vibration, loss of vibrational energy decreases and more efficient driving force transfer is attained. Moreover, if it is made mostly in agreement [ the position of the paragraph of vibration of the supporter material 11 accompanying vibration of a diaphragm 10 ] with the edge 37 of the supporter material 11, loss of vibrational energy can be reduced further.

[0052] Furthermore, in the electrostrictive actuator A1 concerning this operation form, since the diaphragm 10 of the structure where the laminating of piezoelectric devices 30 and 31 and the back up plate 32 was carried out can carry out the rotation drive of Rota 100, without minding amplifier material, composition becomes simple and the miniaturization of equipment becomes easy. Moreover, they are only a diaphragm 10 and the supporter material 11, and since the laminating of the mechanical component of an electrostrictive actuator A1 is not carried out in the thickness direction (space perpendicular direction of drawing 1) in parts etc., thin-shape-izing is also easy for it.

[0053] Moreover, it is the composition driven in an electrostrictive actuator A1 only in the direction which shows Rota 100 by the arrow in drawing, there is neither another diaphragm for driving Rota 100 to an

opposite direction nor a mechanism in which the contact direction to Rota 100 of a diaphragm is changed, namely, since there are few elements which bar vibration of a diaphragm 10, driving force can be transmitted more efficiently.

[0054] Moreover, since it is the composition of on the other hand driving Rota 100 only to \*\*, although it is necessary to regulate the rotation to the opposite direction of Rota 100 in the electrostrictive actuator A1 concerning this operation form, Rota 100 may rotate reversely by external force etc. For example, when the reverse rotation force exceeding the frictional force between a height 36 and Rota 100 arises, both will slide and the inverse rotation of Rota 100 will be permitted. However, in the electrostrictive actuator A1 concerning this operation form, when Rota 100 tends to rotate reversely since the supporter material 11 had not the rigid body but elasticity as shown in drawing 9, it permits that a diaphragm 10 rotates after the height 36 has contacted Rota 100 with the inverse rotation of Rota 100. And a diaphragm 10 returns to the position of the bottom shown with the alternate long and short dash line in drawing by the elastic force of the supporter material 11. Since a height 36 and Rota 100 touch at this time, according to the return of a diaphragm 10, Rota 100 also comes to return in the right direction. Therefore, the inverse rotation of Rota 100 is controllable. As shown in drawing 10, here with this operation form The line B extended from the point of contact A of Rota 100 and a height 36 to the driving direction and opposite direction of Rota 100 in Point A in the rotation center of a diaphragm 10 It is set up so that a rotation center may be located in the quadrant formed in Point A by Line B and the line C which intersects perpendicularly, and it is made as [ permit / that a diaphragm 10 rotates centering on the edge 38 of the supporter material 11 which belongs in the quadrant specifically mentioned above ]. By establishing a rotation center in such a position, as mentioned above, rotation and return operation are performed by the diaphragm 10, and the inverse rotation of Rota 100 can be suppressed.

[0055] Moreover, it also becomes possible to make the path of Rota 100 large-sized, without causing enlargement of the size of the whole calender display mechanism, since the miniaturization of electrostrictive actuator A1 the very thing is easy, when an electrostrictive actuator A1 is applied to a calender display mechanism, as mentioned above. Therefore, rotation torque of Rota 100 obtained from an electrostrictive actuator A1 can be enlarged, without enlarging voltage which carries out a seal of approval to piezoelectric devices 30 and 31.

[0056] A-4. The electrostrictive actuator concerning this invention which is the modification of an electrostrictive actuator is not limited to the operation form mentioned above, and the following various deformation is also possible for it.

[0057] A-4-1. Although it was made to form a height 36 in the contact section with Rota 100 in a diaphragm 10, the notching section 90 which cut and lacked the vertex in Rota 100 of the rectangle-like diaphragm 10 is formed, and you may make it make the notching section 90 contact the side of Rota 100 in the electrostrictive actuator A1 shown in the operation form in which the 1st carried out modification \*\*\*\*, as shown in drawing 11. Also in this case, management of the surface state of the notching section 90 becomes easy like the height 36 mentioned above.

[0058] A-4-2. Although it was made to form an electrode 33 on the whole surface of piezoelectric devices 30 and 31, an electrode 33 is arranged only near the center section of the piezoelectric devices 30 and 31, and you may make it not arrange an electrode 33 to an ends side with the 2nd modification and operation form mentioned above, as shown in drawing 12. That is, piezoelectric devices 30 and 31 may be made to consider as the composition which has the electrode section which has an electrode on the field, and the non-electrode section located at the ends side. Low driver voltage-ization is attained maintaining the driving force to Rota 100, if it does in this way. When this vibrates a diaphragm 10 on the natural-vibration frequency, the variation rate by the side of the ends of the diaphragm 10 by the vibration is large enough, and even if it carries out the seal of approval of the voltage to the portion and makes the piezoelectric devices 30 and 31 by the side of ends expand and contract, what enlarges a variation rate further is because it does not become.

[0059] A-4-3. Although it was made to use the rectangle-like diaphragm 10, you may make it the Rota 100 side use the diaphragm 95 of the shape of a taper which becomes thin with the 3rd modification and operation gestalt mentioned above, as shown in drawing 13. What is necessary is just to carry out the laminating of taper-like a piezoelectric device and a back up plate like the diaphragm 10 mentioned above, when producing the diaphragm 95 of such a configuration. If such a diaphragm 95 is used, the variation rate of the edge 96 of Rota 100 of a diaphragm 10 will become large, and the transmission efficiency of driving force will improve. Moreover, since the length of the cross direction which is the vertical direction of drawing becomes uneven, resonance of the cross direction of a diaphragm 10 can be suppressed, namely, a crosswise vibration can be reduced.

[0060] A-4-4. You may make it form the horn section (extension section) 110 which extends from a diaphragm 10 to the Rota 100 side, as shown in the 4th modification and drawing 14. In forming such the

horn section 110, as shown in drawing 15 , to produce in the configuration which contained the horn section 110 like illustration of a back up plate 32, and what is necessary is made just to carry out the laminating of the piezoelectric devices 30 and 31 to the upper and lower sides of this, respectively. Under this composition, if a diaphragm 10 is vibrated, a diaphragm 10 and the horn section 110 will vibrate with an amplitude as shown by the drawing 14 destructive line. Therefore, the variation rate at the nose of cam of the horn section 110 which contacts Rota 100 becomes large, and driving force grant can be performed efficiently. In addition, the horn section 110 may be the thing of a configuration as shown not only in a configuration as shown in drawing 14 but in drawing 16 .

[0061] A-4-5. You may make it the edge 38 of the supporter material 11, i.e., the portion fixed to a cope plate 103, mostly located on the line S, i.e., the driving-direction line in the contacting point of Rota 100 and a height 36, perpendicular to the direction of the forcing force F from a height, the tangent of a height 36 and Rota 100, i.e., the oscillating initial state, of a diaphragm 10, 36 to Rota 100, as shown in the 5th modification and drawing 17 . When having arranged a diaphragm 10, the supporter material 11, and Rota 100 so that it might become such physical relationship and the position of the supporter material 11 and a diaphragm 10 is finely tuned centering on the edge 38 fixed with the screw 39 in order to adjust the forcing force to Rota 100 of a height 36 etc., the contact position or angle of Rota 100 and a height 36 cannot change, but always stabilized driving force grant can be performed. Moreover, change of the diaphragm resulting from a configuration, a position gap, aging, etc. and the degree of contact angle of Rota can be prevented.

[0062] A-4-6. You may make it support the ends side of the longitudinal direction of a diaphragm 10 by two supporter material 11, respectively, as shown in the 6th modification and drawing 18 . If it does in this way, vibration which suppresses vibration of the cross direction (the vertical direction of drawing) of a diaphragm 10, that is, serves as hindrance of vibration of the longitudinal direction of drawing which is needed for the drive of Rota 100 can be suppressed. In this case, if it is mostly in agreement with the position where the edge 37 in the supporter material 11 serves as a belly of vibration of the supporter material 11 accompanying vibration of a diaphragm 10, for example, the length of the supporter material 11 is made into the length used as one fourth of the oscillatory wave length of the supporter material 11 as shown in drawing 19 , hindrance and a bird clapper will decrease vibration of the longitudinal direction of drawing of a diaphragm 10, and efficiency will improve further.

[0063] Moreover, when supporting a diaphragm 10 by two supporter material 11 in this way, the position which serves as a paragraph of vibration of a diaphragm 10 by one of the supporter material 11 is supported, and you may make it support the edge of Rota 100 in a diaphragm 10 by the supporter material 11 of another side, as shown in drawing 20 . While loss of vibrational energy will decrease since it is made for one supporter material 11 to support the paragraph of vibration if it does in this way, the supporter material 11 of another side can suppress vibration of the cross direction near the contact section with Rota 100.

[0064] A-4-7. Although it was made for the supporter material 11 to energize a diaphragm 10 to the Rota 100 side, the spring member (elastic member) 180 is formed and you may make it energize a diaphragm 10 to the Rota 100 side with the 7th modification and operation gestalt mentioned above, as shown in drawing 21 . as shown in this drawing, the supporter material 11 attaches in the drawing bottom of a diaphragm 10 -- having -- \*\*\*\* -- the diaphragm 10 bottom -- a spring -- the end of a member 180 is attached a spring -- the other end of a member 180 is supported by the pin 181 set up by the cope plate 103 (refer to drawing 1 ) Thereby, a diaphragm 10 is energized at the Rota 100 side which is the drawing bottom, and a height 36 is made to contact the side of Rota 100 to it. thus, a spring -- if a member 180 is formed and a diaphragm 10 is energized to the Rota 100 side, driving force stabilized like the electrostrictive actuator A1 of the operation gestalt mentioned above can be transmitted

[0065] thus, the spring which energizes the supporter material 11 which supports a diaphragm 10, and a diaphragm 10 to the Rota 100 side -- what is necessary is just to enable it to rotate a diaphragm 10 centering on the position of an edge 38 like illustration in the quadrant formed by Line B and Line C like the operation gestalt mentioned above, as shown in drawing 22 , when a member 180 is formed After a diaphragm 10 rotates in connection with the inverse rotation of Rota 100 as shown in drawing 23 when doing in this way and Rota 100 tends to rotate reversely by external force, when a diaphragm 10 returns to the original position, in connection with the return of a diaphragm 10, Rota 100 can return in the right direction and can suppress the inverse rotation of Rota 100.

[0066] in addition -- such -- the supporter material 11 and a spring -- when a member 180 is formed, a diaphragm 10 may be formed in the shape of a taper, and you may make it prepare the horn section (to refer to drawing 14 ), as shown in drawing 24

[0067] A-4-8. In the 8th modification and operation form mentioned above, although the diaphragm 10 had become the structure which carried out the laminating of the piezoelectric devices 30 and 31 to the



upper and lower sides of a back up plate 32, respectively, you may be made to carry out the laminating of the back up plate 32 to the upper and lower sides of not only this but one piezoelectric device 251, respectively. In this case, what is necessary is to support the upper back up plate 32 by supporter material 11a, to support the lower layer back up plate 32 by supporter material 11b, and just to form a back up plate 32 and the supporter material 11a and 11b by the conductor, as shown in drawing 25. You may make it supply driver voltage to a piezoelectric device 251 under this composition through the supporter material 11a and 11b and a back up plate 32 from the drive circuit 250. If it does in this way, it will have the flow function which supplies driver voltage to a piezoelectric device 251 in addition to the function supported while the supporter material 11a and 11b energizes a diaphragm 10 to the Rota 100 side. Therefore, it becomes unnecessary to prepare the flow composition for supplying driver voltage to a piezoelectric device 251 independently, and composition becomes simple. Moreover, the flow parts used as the hindrance of vibration of a diaphragm 10 etc. become unnecessary, and efficient driving force transfer can be performed.

[0068] A-4-9. As shown in the 9th modification, drawing 26, and drawing 27, when using the diaphragm 10 which carried out the laminating of the piezoelectric devices 30 and 31 to the back up plate 32 at the upper and lower sides, respectively, you may make it supply driver voltage to piezoelectric devices 30 and 31 from the drive circuit 250 through the supporter material 11c and 11d formed from a conductor.

[0069] Supporter material 11c is made by the diaphragm 10 side by the configuration which branches to two, and has the upper-limit section 260 which branched to the up side (space near side of drawing 26), and the soffit section 261 which branched to the down side (space back side of drawing). The upper-limit section 260 is attached in the electrode 33 formed on the field of a piezoelectric device 30 by solder, the electroconductive glue, etc., and the soffit section 261 is attached in the electrode 33 formed on the field of a piezoelectric device 31 by solder, the electroconductive glue, etc. On the other hand, supporter material 11d is attached in the back up plate 32, and, thereby, driver voltage is supplied to piezoelectric devices 30 and 31 from the drive circuit 250. Also in this case, as mentioned above, while having the function in which the supporter material 11c and 11d supports a diaphragm 10, it will have a flow function to piezoelectric devices 30 and 31, and while composition becomes simple, efficient driving force transfer can be performed.

[0070] A-5. Explain the flow composition to an electrostrictive actuator, next the flow composition which supplies driver voltage to the piezoelectric device of the electrostrictive actuator of various modes mentioned above from a drive circuit. Although you may make it supply driver voltage to a piezoelectric device from a drive circuit through the supporter material formed from a conductor as the octavus mentioned above and the 9th modification explained, you may make it supply driver voltage to a piezoelectric device with flow composition as shown in drawing 28. it is shown in this drawing -- as -- this flow composition -- an elastic C character-like flow -- the vertical side (electrode 33) of a diaphragm 10 was made to pinch by the member 280, and wiring is connected to the drive circuit 250 from the back up plate 32 such an elastic flow -- if a member 280 is used, though it is simple composition, driver voltage can be supplied to the piezoelectric devices 30 and 31 by which the laminating was carried out up and down from the drive circuit 250

[0071] Moreover, you may make it supply driver voltage to piezoelectric devices 30 and 31 from the drive circuit 250 through the lead wire 290 which twisted lead wire 290 and was twisted around the diaphragm 10, as shown in drawing 29 and drawing 30. Even if it does in this way, driver voltage can be supplied to piezoelectric devices 30 and 31 with simple flow composition. in addition, it mentioned above -- as -- an elastic flow -- when supplying voltage through a member 280 or lead wire 290, the laminated structure of a diaphragm 10 may be the structure where an electrode is arranged in a vertical side, and may be the thing of the structure where the back up plate which becomes in a conductor is arranged in a vertical side moreover, the elastic flow mentioned above when voltage was supplied to a piezoelectric device besides the diaphragm which is the laminated structure of a piezoelectric device and a back up plate -- a member 280 and lead wire 290 can be used

[0072] B. Explain the electrostrictive actuator concerning the 2nd operation gestalt, next the 2nd operation gestalt of this invention. As shown in drawing 31, the electrostrictive actuator concerning the 2nd operation gestalt has composition equipped with the diaphragm 310 instead of the diaphragm 10 of the electrostrictive actuator A1 concerning the 1st operation gestalt.

[0073] As shown in drawing 32, the diaphragm 310 differs from the diaphragm 10 like the diaphragm 10 in the 1st operation gestalt a piezoelectric device 30 and in that Electrodes 33a, 33b, 33c, and 33d are arranged on 31, as it is shown in the upper and lower sides of a back up plate 32 at drawing 33, although it is a piezoelectric device 30 and the structure which 31 each carried out the laminating. As shown in this drawing, in the diaphragm 310, the piezoelectric device 30 was divided into four (although illustration is not carried out, its same is said of the piezoelectric device 31) fields, and Electrodes 33a, 33b, 33c, and 33d

are arranged on the divided field, respectively.

[0074] Thus, the flow composition which supplies driver voltage is explained to the electrodes 33a, 33b, 33c, and 33d arranged on four fields of a piezoelectric device 30 using drawing 34. As shown in this drawing, the mode which supplies driver voltage to all the electrodes 33a, 33b, 33c, and 33d, and the mode supplied to Electrodes 33a and 33d from a power supply 340 can be switched now from a power supply 340 by switching ON/OFF of a switch (selection means) 341.

[0075] Here, a diaphragm 310 expands and contracts in a longitudinal direction, and a switch 341 is made by ON, and when the mode which supplies driver voltage to all the electrodes 33a, 33b, 33c, and 33d is chosen, as shown in drawing 35 (a), it carries out longitudinal oscillation to the longitudinal direction of a diaphragm 310 like the 1st operation gestalt mentioned above (it considers as longitudinal-oscillation mode hereafter). Incurvation vibration is carried out crosswise (the vertical direction of drawing) within the flat surface to which, as for a diaphragm 310, a diaphragm 310 belongs as the piezoelectric device of only the field where driver voltage was impressed when the mode which a switch 341 is made on the other hand at OFF, and supplies driver voltage only to Electrodes 33a and 33d was chosen expands and contracts and it is shown in drawing 35 (b) (it considers as the following and incurvation oscillation mode). Thus, the oscillation mode of a diaphragm 310 can be chosen now by switching a switch 341.

[0076] In the electrostrictive actuator concerning the 2nd operation form, as mentioned above, Rota 100 can be driven using the diaphragm 310 which can switch the two oscillation modes, and the driving direction of Rota 100 can have been switched now by switching the oscillation mode. When longitudinal-oscillation mode is chosen, as shown in drawing 36, the driving force of facing the right in drawing is given by the longitudinal oscillation of a diaphragm 310 from the contact section of Rota 100 and a height 36, and, thereby, Rota 100 is rotated by it by the counterclockwise rotation in drawing.

[0077] On the other hand, when the crookedness oscillation mode is chosen, as shown in drawing 37, the driving force of facing up in drawing is given by crookedness vibration of a diaphragm 310 from the contact section of Rota 100 and a height 36, and, thereby, Rota 100 is rotated to the clockwise rotation in drawing.

[0078] In the electrostrictive actuator concerning the 2nd operation form, Rota 100 can be driven to the right direction and an opposite direction by switching a switch 341. Since it was made to switch the driving direction by switching the oscillation mode of a diaphragm 310 as mentioned above, it is not necessary to prepare a diaphragm for every driving direction, or to prepare the regulatory mechanism which adjusts the physical relationship of a diaphragm and Rota which is a candidate for a drive. Therefore, it is possible to switch a driving direction to right reverse, without causing complication of composition, and enlargement of equipment.

[0079] In addition, also in the electrostrictive actuator concerning the 2nd operation form, various deformation is possible like the 1st operation form mentioned above. For example, you may make it prepare the notching section in a diaphragm 310 instead of a height 36 (refer to drawing 11). Moreover, you may make it the edge 38 of the supporter material 11 located on the tangent of the height 36 of a diaphragm 310, and Rota 100 (refer to drawing 17). Moreover, in addition to the supporter material 11, a spring member is prepared, and you may make it energize a diaphragm 310 to the Rota 100 side by this spring member (refer to drawing 21).

[0080] C. Although it had become the composition that an electrostrictive actuator carried out the rotation drive of disk-like Rota in various operation gestalten which are modifications and which were mentioned above, the candidate for a drive is not limited to this, and makes the diaphragm mentioned above to the abbreviation rectangular parallelepiped-like member contact, and you may make it drive this rectangular parallelepiped-like member to the longitudinal direction.

[0081] Moreover, the electrostrictive actuator concerning various operation gestalten mentioned above can also be carried and used for pocket devices other than the clock by which a cell drive is carried out also besides being carried in the calender display mechanism of a clock.

[0082]

[Effect of the Invention] Since the diaphragm which has the piezoelectric device of a long tabular is used according to this invention as explained above, it is possible to obtain a big variation rate at a low battery, and the candidate for a drive can be driven efficiently. Moreover, since the parts arranged by lapping with a diaphragm are unnecessary, if a diaphragm is thin-shape-ized, thin-shape-izing of the whole actuator is possible. Moreover, since the diaphragm is made to contact the candidate for a drive, driving force which the contact state a diaphragm and for a drive was stabilized and was stabilized more can be transmitted. Moreover, since the diaphragm has structure which carried out the laminating of the piezoelectric device to the back up plate, breakage of the diaphragm resulting from an excessive amplitude or external force etc. can be reduced.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the plan showing the calendar display mechanism of the clock equipped with the electrostrictive actuator concerning the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the sectional side elevation showing the outline composition of the clock incorporating the aforementioned calendar display mechanism.

[Drawing 3] It is the plan showing the aforementioned whole electrostrictive actuator composition.

[Drawing 4] It is the sectional side elevation showing the diaphragm which is the component of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 5] The aforementioned diaphragm is drawing showing signs that longitudinal oscillation is carried out.

[Drawing 6] When the aforementioned diaphragm vibrates, it is drawing showing signs that incurvation vibration is carried out with the reaction force from Rota of the aforementioned calendar display mechanism.

[Drawing 7] It is drawing for explaining the orbit of a height prepared in the aforementioned diaphragm at the time of the aforementioned incurvation vibration.

[Drawing 8] 0 which is drawing for explaining an amplitude at the time of vibration of the aforementioned diaphragm.

[Drawing 9] It is drawing for explaining the state of the aforementioned diaphragm when aforementioned Rota tends to rotate reversely.

[Drawing 10] It is drawing for explaining the position based on [ which is supported free / rotation of the aforementioned diaphragm ] rotation.

[Drawing 11] It is the plan showing the 1st modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 12] It is the sectional side elevation showing the diaphragm in the 2nd modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 13] It is the plan showing the 3rd modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 14] It is the plan showing the 4th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 15] It is drawing for explaining the manufacture method of the diaphragm of the 4th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 16] It is drawing showing other modifications of the 4th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 17] It is the plan showing the 5th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 18] It is the plan showing the 6th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 19] It is drawing for explaining the amplitude of the supporter material which is the component of the 6th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 20] It is the plan showing other examples of the 6th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 21] It is the plan showing the 7th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 22] It is drawing for explaining the position based on [ which is supported free / rotation of the diaphragm which is the component of the 7th modification of the aforementioned electrostrictive actuator ] rotation.

[Drawing 23] In the 7th modification of the above, it is drawing for explaining the state of the diaphragm of the aforementioned diaphragm when aforementioned Rota tends to rotate reversely.

[Drawing 24] It is the plan showing other examples of the 7th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 25] It is drawing showing the 8th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 26] It is the plan showing the 9th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 27] It is the side elevation showing the 9th modification of the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 28] It is drawing showing the flow composition which supplies driver voltage to the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 29] It is the plan showing other examples of the flow composition which supplies driver voltage to the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 30] It is the side elevation showing other examples of the flow composition which supplies driver voltage to the aforementioned electrostrictive actuator.

[Drawing 31] It is the plan showing the whole electrostrictive actuator composition concerning the 2nd operation form of this invention.

[Drawing 32] It is the side elevation showing the diaphragm which is the component of the electrostrictive actuator concerning the aforementioned 2nd operation form.

[Drawing 33] It is the plan showing the aforementioned diaphragm of the electrostrictive actuator concerning the aforementioned 2nd operation gestalt.

[Drawing 34] It is drawing showing the flow composition which supplies driver voltage to the electrostrictive actuator concerning the aforementioned 2nd operation gestalt.

[Drawing 35] (a) is drawing showing signs that the aforementioned diaphragm of the electrostrictive actuator concerning the aforementioned 2nd operation gestalt carries out longitudinal oscillation, and (b) is drawing showing signs that the aforementioned diaphragm carries out incurvation vibration.

[Drawing 36] It is drawing for explaining the driving direction of aforementioned Rota when the aforementioned diaphragm of the electrostrictive actuator concerning the aforementioned 2nd operation form carries out longitudinal oscillation.

[Drawing 37] It is drawing for explaining the driving direction of aforementioned Rota when the aforementioned diaphragm of the electrostrictive actuator concerning the aforementioned 2nd operation form carries out crookedness vibration.

[Drawing 38] It is the plan showing typically the ultrasonic formula motor using the conventional electrostrictive actuator.

[Description of Notations]

10 [ .. Supporter material, ] .... A diaphragm, 11 .. Supporter material, 11a, 11b, 11c, 11d 30 [ .. A back up plate, 33 / .. Electrode, ] .... A piezoelectric device, 31 .. A piezoelectric device, 32 35 [ .. An edge (attachment section), 38 / .. Edge (fixed part), ] .... An edge, 36 .. A height, 37 90 [ .. An edge, 100 / .. Rota, ] .... The notching section, 95 .. A diaphragm, 96 101 [ .. A cope plate (base material) 110 / .. Horn section (extension section), ] .... A middle vehicle, 102 .. A Japanese vehicle, 103 180 [ .. A piezoelectric device, 280 / .. An elastic flow member, 290 / .. Lead wire, 310 / .. A diaphragm, 340 / .. A power supply, 341 / .. Switch (selection means) ] .... A spring member (elastic member), 250 .. A drive circuit, 251

---

[Translation done.]

